

**DISEÑAR UN CONTROL AUTOMÁTICO Y ACTUALIZAR EL SISTEMA  
HIDRÁULICO DE COMPACTACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS, EN LOS  
VEHÍCULOS DE LA EMPRESA EMSIRVA ESP.**

**ANYELO ALVAREZ TRIANA**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA MECÁNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006

**DISEÑAR UN CONTROL AUTOMÁTICO Y ACTUALIZAR EL SISTEMA  
HIDRÁULICO DE COMPACTACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS, EN LOS  
VEHÍCULOS DE LA EMPRESA EMSIRVA ESP.**

**ANYELO ALVAREZ TRIANA**

Proyecto de Grado en la modalidad de Pasantía para optar el título de  
Ingeniero Mecánico

Director  
**HUGO CENEN HOYOS**  
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA MECÁNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006

**Nota de aceptación:**

Aprobado por el comita de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de occidente para optar al título de Ingeniero mecánico

**Jurado**

**Jurado**

Santiago de Cali, 5 de Junio de 2006

“Dedico a Dios, a mis padres, y demás personas que creyeron en mi y en que todo es posible a pesar de todos los obstáculos que a diario se nos presentan. Que a pesar de los tropiezos siempre hay espacio para reflexionar de los errores y corregirlos a tiempo,

Pensemos que siempre hay algo que crear, inventar o mejorar para hacer más simple la vida de las personas, utilizando ese conjunto de conocimientos que nos enseñaron, llamados *Ingeniería mecánica*.”

## **AGRADECIMIENTOS**

A dios, por darme la vida y la salud para poder hacer este proyecto realidad.

A mi padre y madre, por la confianza que mantuvieron en mí.

A mi novia, por el apoyo incondicional que siempre puso en mis manos.

A todos los profesores de la universidad, por el tesoro del conocimiento que en mí plasmaron.

A Emsirva E.S.P en cabeza del Sub-gerente operativo y director de Zona Norte, por creer que este proyecto si era posible y rentable.

A la facultad de Ingeniería Mecánica, Director del Programa y Director del Proyecto por hacer esto posible.

## **CONTENIDO**

	<b>Pag.</b>
RESUMEN	11
INTRODUCCION	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. ANTECEDENTES	14
3. OBJETIVOS	15
3.1. GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
4. QUE ES UN SISTEMA HIDRAULICO DE COMPACTACION?	16
4.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDRAULICO DE COMPACTACION	16
4.1.1. Cilindro hidráulico central de compactación	16
4.1.2. Placa de compactación	16
4.1.3. Portalón	16
4.1.4. Cilindros hidráulicos de cargue trasero	17
4.1.5. Cilindros hidráulicos de cuchilla	18
4.1.6. Cilindros hidráulicos del panel	19
4.1.7. Cilindros hidráulicos de portalón	19
4.1.8. Cuerpo de válvulas primario	19
4.1.9. Cuerpo de válvulas secundario	20

<b>4.1.10. Tornillos de ajuste del portalón</b>	<b>20</b>
<b>4.2. PROCESO DE COMPACTACION</b>	<b>21</b>
<b>4.3. PROCESO DE VACUACION</b>	<b>22</b>
<b>4.4. ESQUEMA HIDRAULICO ACTUAL</b>	<b>23</b>
<b>4.5. CAJAS COMPACTADORAS CON CONTROL AUTOMATICO</b>	<b>24</b>
<b>5. COMPONENTES DEL NUEVO DISEÑO</b>	<b>27</b>
<b>5.1. CÁLCULOS PARA EL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO SEGURO DEL PORTALÓN</b>	<b>29</b>
<b>6. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL CONTROL AUTOMATICO</b>	<b>35</b>
<b>7. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO ACTUALIZADO</b>	<b>42</b>
<b>8. VALORACION ECONOMICA DEL PROYECTO</b>	<b>44</b>
<b>8.1 COSTOS DE LOS ELEMENTOS A UTILIZAR</b>	<b>44</b>
<b>8.2 COSTOS DE OPERACIÓN DE VEHICULO RECOLECTOR SIN ACTUALIZACION</b>	<b>45</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>48</b>

## LISTADO DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
<b>Tabla 1.</b> Componentes del sistema hidráulico actual	23
<b>Tabla 2.</b> Componentes del sistema hidráulico Ros Roca	26
<b>Tabla 3a.</b> Diámetros de alambre preferidos y tratamientos en los Extremos para resortes helicoidales de compresión	32
<b>Tabla 3b.</b> Materiales comunes para alambres de resortes	33
<b>Tabla 4.</b> Componentes del sistema hidráulico actualizado	40
<b>Tabla 5.</b> Relación de elementos a utilizar para la actualización del sistema hidráulico	44



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 4.1a.</b> Vista lateral de la caja compactadota	16
<b>Figura 4.1b.</b> Vista interna de la caja compactadota	17
<b>Figura 4.2.</b> Vista lateral del cargue trasero	17
<b>Figura 4.3a.</b> Cilindros hidráulicos de cuchilla	18
<b>Figura 4.3b.</b> Vista de cuchilla y panel	18
<b>Figura 4.4.</b> Cilindros hidráulicos de portalón	19
<b>Figura 4.5.</b> Válvulas primarias	20
<b>Figura 4.6.</b> Cilindros hidráulicos de portalón	20
<b>Figura 4.7.</b> Proceso de compactación de residuos sólidos	21
<b>Figura 4.8.</b> Proceso de evacuación de residuos sólidos	22
<b>Figura 4.9.</b> Esquema hidráulico actual del sistema de compactación	23
<b>Figura 4.10.</b> Esquema hidráulico sistema Ros Roca	25
<b>Figura 5.1.</b> Sensores para cilindros hidráulicos	27
<b>Figura 5.2.</b> Vista isométrica de la caja compactadota	28
<b>Figura 5.3.</b> Vista isométrica del gancho	28
<b>Figura 5.4.</b> Diagrama de cuerpo libre del gancho	29
<b>Figura 6.1.</b> Diagrama de entradas y salidas del programador	36
<b>Figura 6.2a.</b> Programación tipo Ladder parte 1	37
<b>Figura 6.2b.</b> Programación tipo Ladder parte 2	38
<b>Figura 6.3.</b> Esquema hidráulico de la actualización del diseño	39
<b>Figura 6.4.</b> Esquema neumático	41
<b>Figura 6.5.</b> Panel de control (pulsadores)	41
<b>Figura 6.6</b> Simbología de líneas	50
<b>Figura 6.7</b> Simbología de depósitos	50
<b>Figura 6.8</b> Simbología de válvulas de control de flujo	51
<b>Figura 6.9</b> Simbología de válvulas de control de presión	51
<b>Figura 6.10a</b> Simbología de válvulas direccionales	53
<b>Figura 6.10b</b> Simbología de tipos de accionamientos	53
<b>Figura 6.11</b> Simbología de tipos de bombas	54
<b>Figura 6.12</b> Simbología de tipos de bombas	54
<b>Figura 6.13</b> Simbología de tipos de bombas	55
<b>Figura 6.14</b> Simbología de tipos de filtros	55
<b>Figura 6.15</b> Simbología de tipos de acumuladores	55
<b>Figura 6.16</b> Simbología de otros tipos de componentes	56

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pag.</b>
<b>Anexo 1.</b> Diseño gancho ajuste de portalón	48
<b>Anexo 2.</b> Simbología	49

## **RESUMEN**

La principal necesidad de EMSIRVA es transportar una mayor cantidad de desechos sólidos hasta su lugar de disposición final en el menor tiempo posible frente a este desafío surge la necesidad de diseñar una caja compactadora con sistema de potencia alimentado hidráulicamente, la cual debería ser capaz de reducir en su mínima expresión el volumen de los desechos.

El modelo actual de compactación es manejado por válvulas actuadas por palancas, este sistema genera pérdidas excesivas de tiempo. Ahora nace la necesidad en las empresas de servicios de aseo de reducir dichos tiempos de operación, debido a que estas son empresas de transporte y por lo tanto la velocidad y la eficiencia del proceso se convierte en la principal variable de gestión a cumplir, sin descuidar la calidad, el cumplimiento, la flexibilidad entre otros.

Debido a esto se plantea como solución, el diseño de un control automático, el cual tenga la capacidad de manejar en la forma que se requiere el sistema de compactación de estos vehículos recolectores; teniendo en cuenta el costo, la reingeniería o modificaciones para los vehículos y la complejidad del sistema en cuestión.

## INTRODUCCION

Los sistemas hidráulicos de los vehículos recolectores de residuos sólidos para los centros urbanos, generalmente han sido equipados con medios mecánicos para la ejecución de sus procesos; como las palancas o pedales, que desde el punto de vista operativo permiten un buen manejo, pero que tornan el proceso poco eficiente.

En la mayoría de los actuales vehículos recolectores de desechos sólidos de EMSIRVA E.S.P se deben operar hasta 4 palancas para completar el proceso de compactación de residuos sólidos. Esto ocasiona pérdidas excesivas de tiempo debido a que en cada proceso de compactación (completar el accionamiento de tres válvulas secuencialmente), se requiere de 5 a 10 minutos. Esto teniendo en cuenta que el proceso se realiza en promedio unas 50 veces en un turno de 10 horas.

Se pretende con este proyecto diseñar un nuevo sistema de activación y funcionamiento hidráulico completamente automático que aumente la eficiencia del proceso de compactación, de tal forma que quien lo opere no necesite un conocimiento extenso sobre sistemas hidráulicos, y que simultáneamente se convierta en un ahorro de tiempo debido a la facilidad de su aplicación, ya que para operarlo solo seria necesario oprimir un pulsador. El nuevo diseño garantiza la protección de sus elementos con el fin de aumentar su vida útil y disminuiría los costos de reparación, debido a fallas eléctricas o hidráulicas. Además de un aspecto físico más aceptable que va de la mano con el diseño actual en los vehículos recolectores de diferentes marcas.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Empecemos por conocer un poco lo que es la problemática actual que afronta EMSIRVA E.S.P con sus carros recolectores de desechos o residuos sólidos.

Actualmente el proceso de recolección de residuos sólidos que realiza EMSIRVA E.S.P. con sus vehículos recolectores presenta deficiencias, debido al diseño del proceso de compactación, ya que este requiere un operario exclusivamente, con los conocimientos necesarios, para manipular los controles hidráulicos del sistema de compactación; ya que se necesita accionar tres palancas, de tres válvulas diferentes secuencialmente.

Lo anterior ocasiona pérdidas excesivas de tiempo debido a que en cada proceso de compactación (completar el accionamiento de las tres válvulas), se requiere de 5 a 10 minutos y que para completar la capacidad del vehículo recolector, el proceso se realiza unas 50 veces en promedio en cada turno de 10 horas. Este proceso da como resultado un tiempo “muerto” por cada turno de 500 minutos en promedio, que para una empresa de transporte como esta es excesivo.

Además los componentes hidráulicos del actual diseño son de gran tamaño y generan un aspecto robusto y rustico, que no va de la mano con el nuevo diseño de los vehículos de la última tecnología (International, Chevrolet, etc.), los cuales serán adquiridos por la empresa EMSIRVA E.S.P para renovar su parque automotor, que será fundamental en su proceso de reestructuración tecnológica.

Hay que agregar a esto, que los sistemas hidráulicos de estos vehículos recolectores, actualmente no están equipados con protecciones de seguridad para los elementos que lo conforman, y que en ultimas, según las normas de seguridad industrial, genera un riesgo para la operación de estos sistemas, ya que no cuentan con ni si quiera un mecanismo de parada de emergencia, Esto simplemente se ve reflejado en costos no presupuestados de la empresa.

## **2. ANTECEDENTES**

Actualmente la empresa Emsirva E.S.P trabaja con equipos recolectores de desechos sólidos que datan desde 1985 (Ford Ct-8000) hasta modelos 2006 (Internacional 7400), todos equipados con sistemas hidráulicos que se operan por medios de palancas. Las cajas compactadoras de residuos sólidos en Colombia, aunque no se ha avanzado a la tecnología de control automático, se sigue trabajando en pro del aumento de la capacidad y la mejora de sus sistemas hidráulicos. Empresas como Fanalca y el mismo Emsirva, trabajan en el diseño de nuevas cajas compactadoras que sean de más fácil operación para los empleados y que además permitan un transporte de residuos sólidos más eficiente.

Por ahora se quiere con el nuevo diseño, incorporar a nuestro país, la tecnología del control automático aplicado en vehículos recolectores de residuos sólidos; como parte de la solución a la problemática de manejar eficiente y eficazmente los residuos sólidos, actividad que involucra a todas las empresas de aseo del país y con lo cual se pretende EMSIRVA sea pionera en la adquisición de esta nueva tecnología.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. GENERAL**

Diseñar un control automático y actualizar el sistema hidráulico de compactación de desechos sólidos, en los vehículos de la empresa EMSIRVA ESP.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar el diseño actual de compactación de los vehículos recolectores de la empresa EMSIRVA E.S.P, a fin de definir aspectos a mejorar.
- Planteamiento y desarrollo de la actualización del sistema de control que para el mejoramiento del proceso de compactación.
- Desarrollar cálculos y análisis de los principales elementos que conforman el control y actuadores del sistema de compactación.
- Implementar un sistema de seguridad que garantice la vida útil de los componentes hidráulicos ante problemas de sobrepresión.
- Verificar mediante simulación el diseño escogido por medio de un software especializado.
- Análisis de resultados de la actualización del diseño y los posibles beneficios del proyecto para EMSIRVA E.S.P.

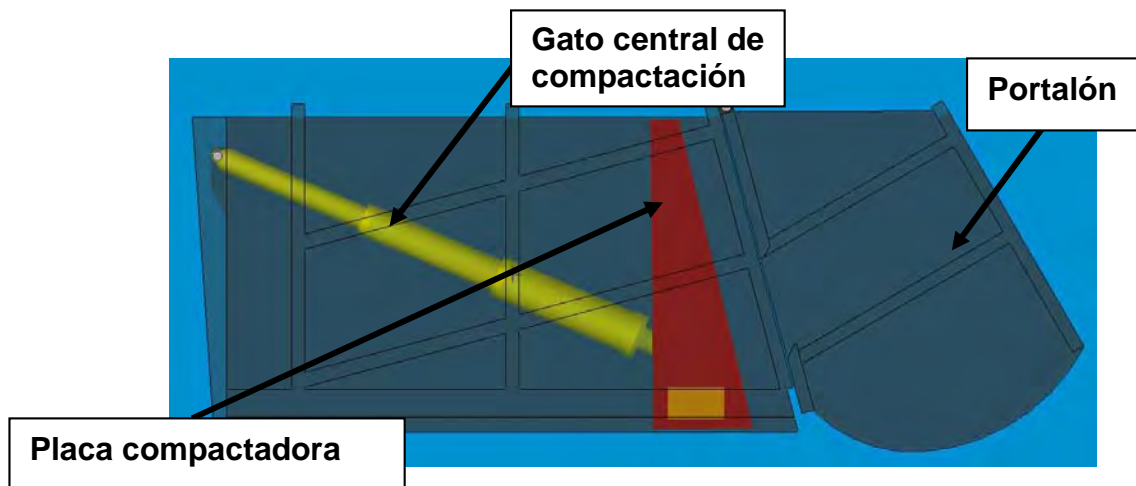
## 4. QUE ES UN SISTEMA HIDRAULICO DE COMPACTACION?

### 4.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDRAULICO DE COMPACTACION

El diseño actual de las cajas compactadoras para las diferentes marcas de vehículos, la provee FANALCA SA; estas vienen equipadas con los siguientes componentes:

**4.1.1. Cilindro hidráulico central de compactación.** Este se encarga de compactar y evacuar los desechos sólidos actuando en conjunto con la placa compactadora. Generalmente se dota de un cilindro telescópico de tres cuerpos de doble efecto (figura 4.1a y 4.1b).

**Figura 4.1a.** Vista lateral de la caja compactadora



**4.1.2. Placa de compactación.** Construida en el mismo calibre de lamina de la caja compactadora y es la que finalmente proporciona el área sólida para la compactación y evacuación de los residuos (figura 4.1a y 4.1b).

**4.1.3. Portalón.** Es la parte móvil de la caja compactadora, en el va ensamblado todo el mecanismo de arrastre de desechos (cuchilla, panel, y cilindros hidráulicos) y la canoa (por su forma semicircular o ovalada) que es el sitio donde primero se depositan los residuos (figura 4.1a).



**Figura 4.1b.** Vista interna de la caja compactadora



**4.1.4. Cilindros hidráulicos de cargue trasero.** Son cilindros de doble efecto y como su nombre lo indica están ubicados en la parte trasera, actúan en conjunto con una barra, se utilizan para levantar cajas estacionarias de dos y tres yardas cúbicas. Este sistema en algunos vehículos es remplazado por un motor hidráulico de doble acción (figura 4.2).

**Figura 4.2.** Vista lateral del cargue trasero

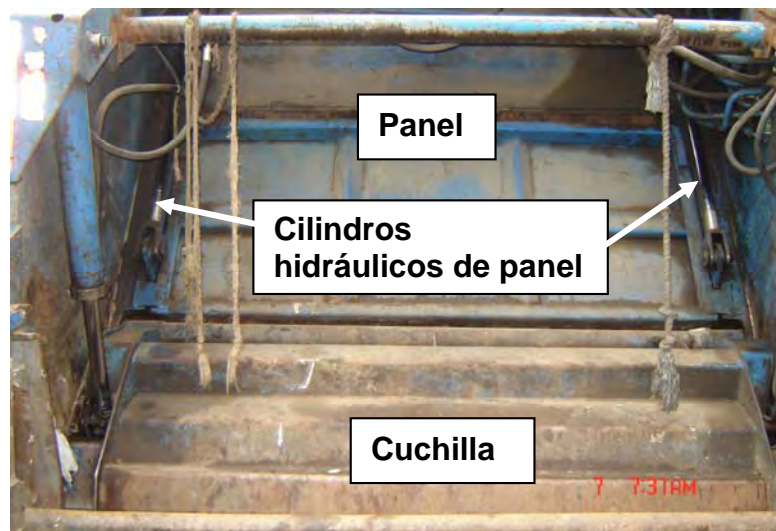


**4.1.5. Cilindros hidráulicos de cuchilla.** Son cilindros de doble efecto, actúan en la segunda secuencia del proceso de compactación y son los encargados de recoger los desechos sólidos depositados en la canoa (figura 4.3a y 4.3b).

**Figura 4.3a.** Cilindros hidráulicos de cuchilla



**Figura 4.3b.** Vista de cuchilla y panel



**4.1.6. Cilindros hidráulicos del panel.** Al igual que los anteriores son cilindros de doble efecto y son los encargados de realizar el movimiento de ascenso y descenso de la cuchilla, que es la primera secuencia del proceso de compactación (figura 4.3b).

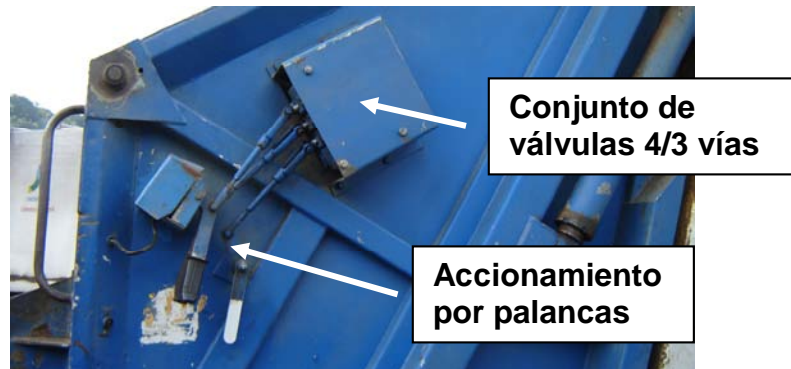
**4.1.7. Cilindros hidráulicos de portalón.** Son los encargados de subir o bajar el portalón para la evacuación de los desechos sólidos ya compactados, pueden ser de simple o doble efecto, en el caso de simple efecto se provee al sistema hidráulico de válvulas secuenciales para permitir el descenso del portalón (figura 4.4).

**Figura 4.4.** Cilindros hidráulicos de portalón



**4.1.8. Cuerpo de válvulas primario.** Se trata del conjunto de tres válvulas de mando 4/3 vías, que corresponden a los cilindros de levante trasero, de cuchilla y de panel; esto acompañado de su respectivo accionamiento de palancas (figura 4.5).

**Figura 4.5.** Válvulas primarias



**4.1.9. Cuerpo de válvulas secundario.** Se componen de dos válvulas de mando 4/3 vías, y al igual que el primario son accionadas por palancas; son las encargadas de controlar el movimiento del portalón y la placa compactadora.

**4.1.10. Tornillos de ajuste del portalón.** Son los encargados de mantener el portalón en la posición de reposo para que sea efectivo el proceso de compactación, ya que como se puede observar en las figuras anteriores, las secuencias principales de la compactación se realizan en el portalón (figura 4.6).

**Figura 4.6.** Cilindros hidráulicos de portalón

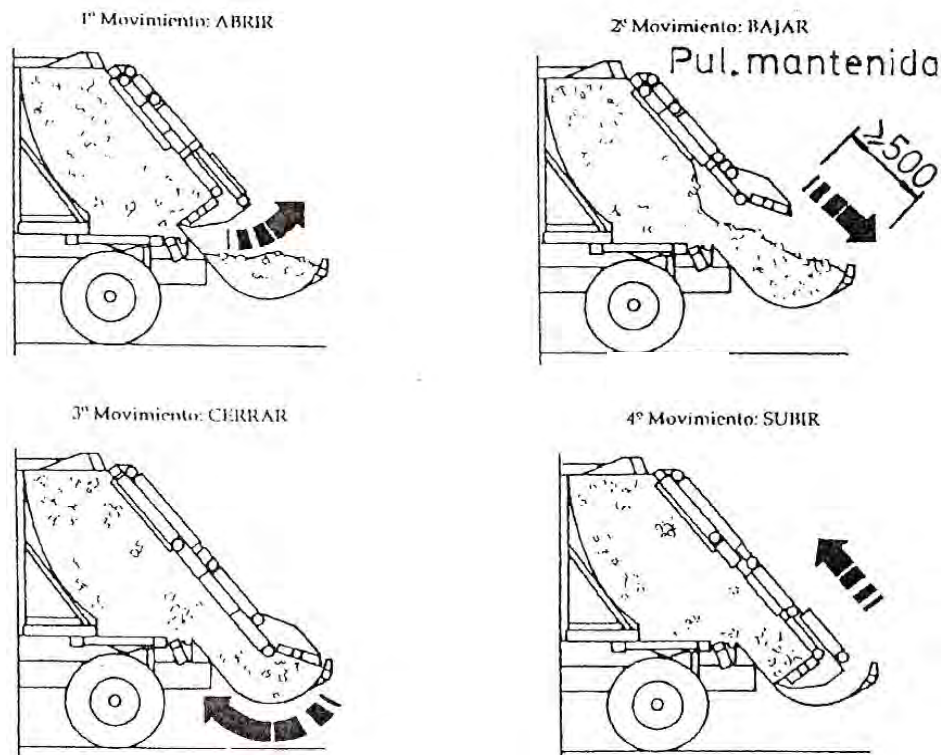




## 4.2. PROCESO DE COMPACTACION

El proceso de compactación, consiste en 4 pasos o etapas que involucran a la cuchilla y sus respectivos cilindros hidráulicos, como también el panel y sus respectivos cilindros. En la figura 4.7 se puede observar como en la posición de reposo la cuchilla se encuentra cerrada y el panel en la parte superior. En la etapa 1 se procede a accionar la válvula de mando (ver componente 3.1 fig.4.9) de los cilindros hidráulicos de la cuchilla los cuales la abrirán. Ya en la etapa 2 se procederá a accionar la válvula de mando de los cilindros hidráulicos del panel (ver componente 1.1 fig.4.9) para proporcionar el movimiento de descenso de este. En la etapa 3 se accionara la válvula de mando de los cilindros de cuchilla pero en sentido contrario para proceder a cerrarla y por ultimo en la etapa 4, de igual manera que la anterior se accionara la válvula de mando del panel para proceder a subirlo, completando así un ciclo entero de compactación

**Figura 4.7.** Proceso de compactación de residuos sólidos

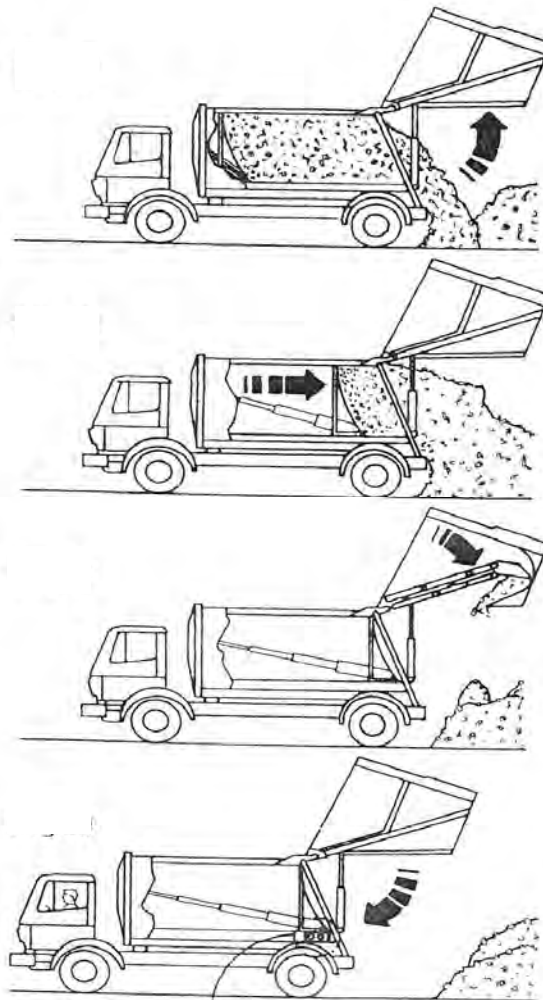


**Fuente:** Manual de Mantenimiento caja compactadora RSE CROSS. ROS ROCA. España, 1995.

### 4.3. PROCESO DE EVACUACION

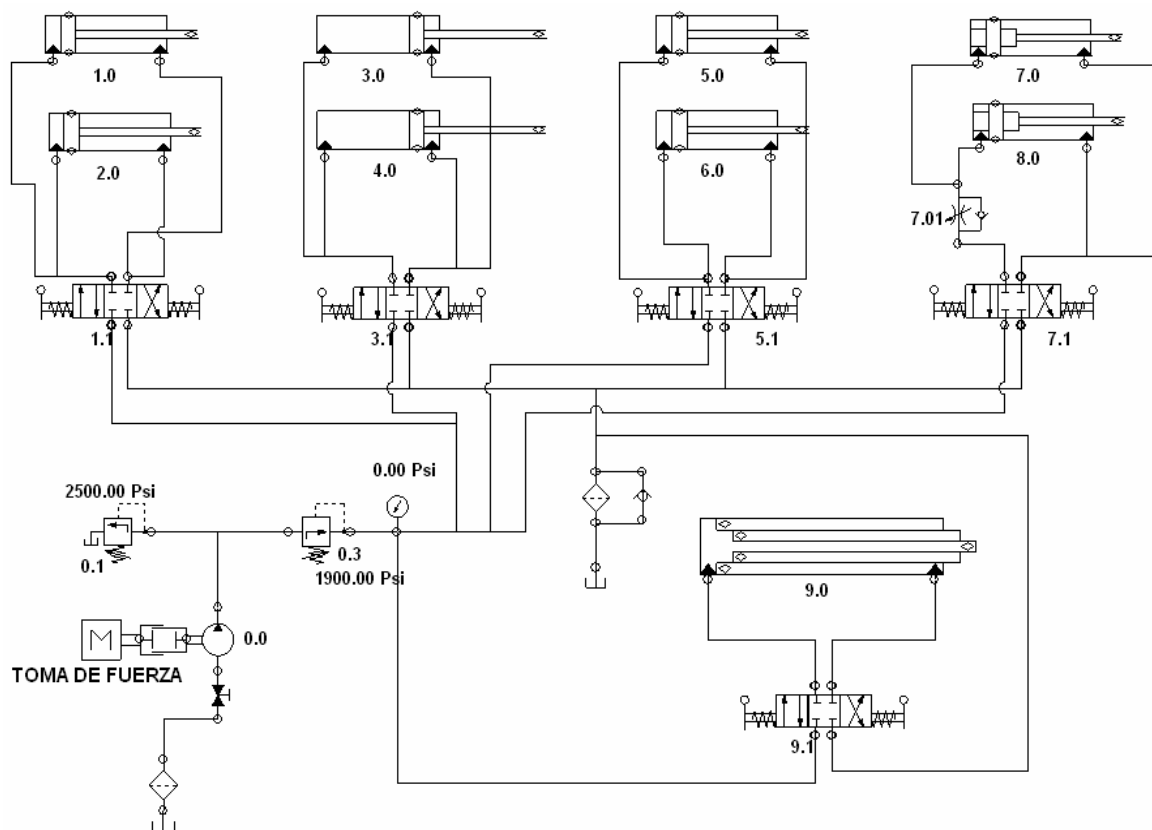
De manera similar al proceso de compactación, este se compone de 4 etapas (figura 4.8). En la etapa 1 se acciona la válvula de mando de los cilindros hidráulicos de portalón (ver componente 7.1 fig.4.9) los cuales lo elevaran. En la etapa 2 se accionará la válvula de mando del cilindro central de compactación (ver componente 9.1 fig.4.9) para poner en avance la placa compactadora. En la etapa 3 se cerrara la cuchilla como en el proceso de compactación para limpiar posibles residuos en la canoa y para finalizar en la etapa 4 se activara len sentido contrario la válvula de mando de los cilindros de portalón para proceder a bajarlo y regresar de nuevo a la posición inicial

**Figura 4.8.** Proceso de evacuación de residuos sólidos



#### 4.4. ESQUEMA HIDRAULICO ACTUAL

**Figura 4.9.** Esquema hidráulico actual del sistema de compactación



**Tabla 1.** componentes del sistema hidráulico actual

NUMERO EN ESQUEMA HIDRAULICO	DESCRIPCION
1.0-2.0	CILINDROS CORTINA PANEL
3.0-4.0	CILINDROS CUCHILLA PANEL
5.0-6.0	CILINDROS LEVANTE TRASERO
7.0-8.0	CILINDROS PORTALON
9.0	CILINDRO CENTRAL DE COMPACTACION
1.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CORTINA

3.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS CUCHILLA	I
5.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS LEVANTE TRASERO	
7.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS PORTALON	
9.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CENTRAL DE COMPACTACION	
0.0	BOMBA HIDRAULICA	
0.1	VALVULA DE SEGURIDAD	
0.3	VALVULA REGULADORA DE PRESION PRINCIPAL	

Como se puede observar, para realizar los procesos de compactación y evacuación, se hace necesario activar una válvula de mando principal por cada componente que se quiera controlar, es decir, que para completar un ciclo en la compactación se accionaran mecánicamente 2 válvulas en ambos sentidos, lo cual hace que este proceso se torne eficaz y no eficiente que es lo que se hace prioritario corregir. De forma similar en el proceso de evacuación hay que activar 2 válvulas en ambos sentidos para completar el ciclo.

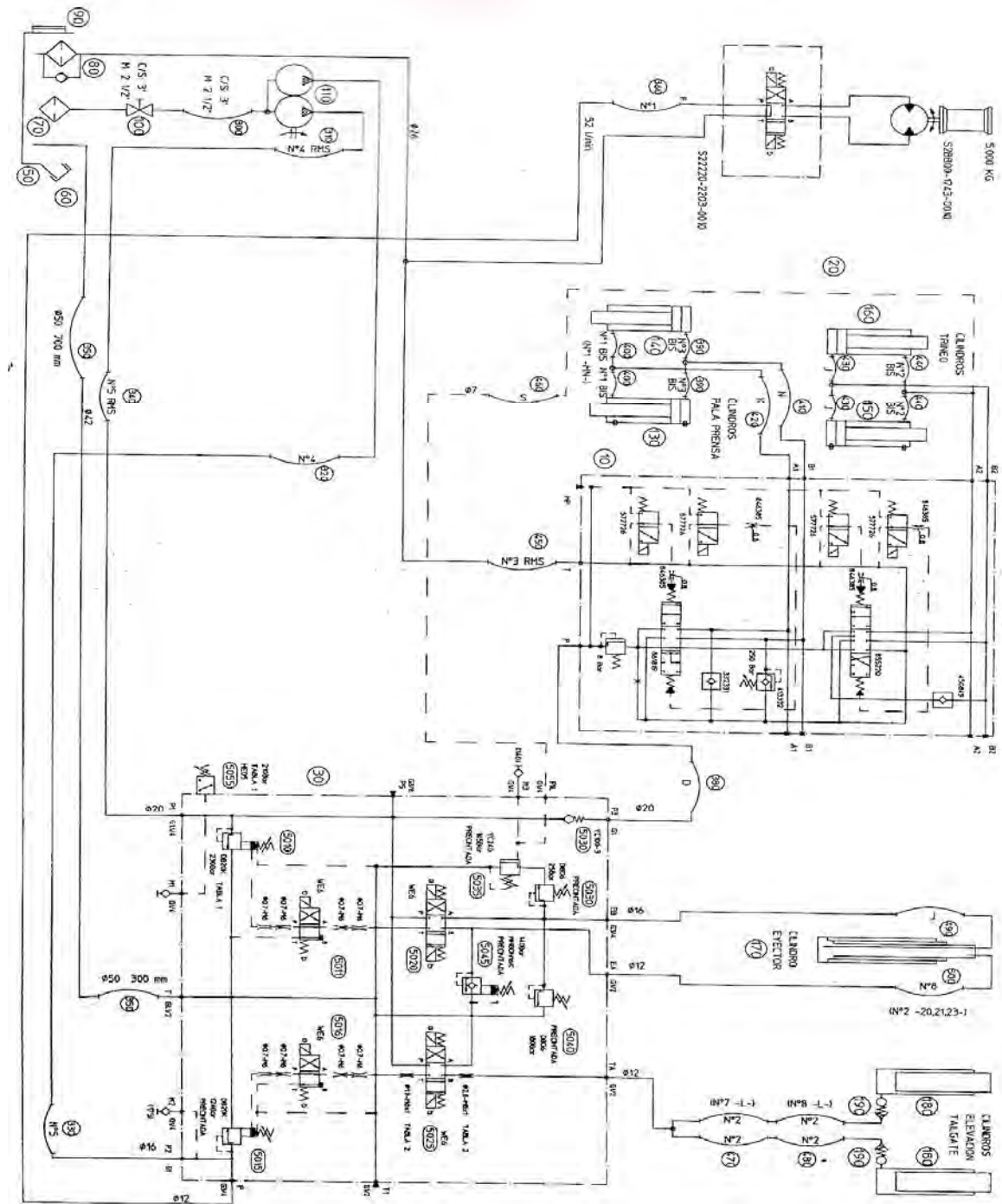
#### **4.5. CAJAS COMPACTADORAS CON CONTROL AUTOMATICO**

En el campo en el cual se llevara a cabo este proyecto, podemos encontrar avances tecnológicos importantes como por ejemplo la empresa Ros Roca de España, tiene en sus vehículos recolectores un sistema de control automático, que cuenta con 3 funciones: función automática (continua y cíclica), función semiautomática y función manual. Cuenta además con un panel trasero de pulsadores, del cual se puede activar el proceso de compactación, evacuación, levante trasero, parada de emergencia (stop), ciclo continuo y ciclo automático.

A continuación se presentara el esquema hidráulico de este sistema ibérico (figura 4.10). Podemos observar que este requiere de una gran gama de componentes hidráulicos, que lo hace más costoso y complejo, y esta es la gran diferencia entre este diseño y el nuestro.



**Figura 4.10.** Esquema hidráulico sistema Ros Roca



**Fuente:** Manual de Mantenimiento caja compactadora RSE CROSS. ROS ROCA. España, 1995.

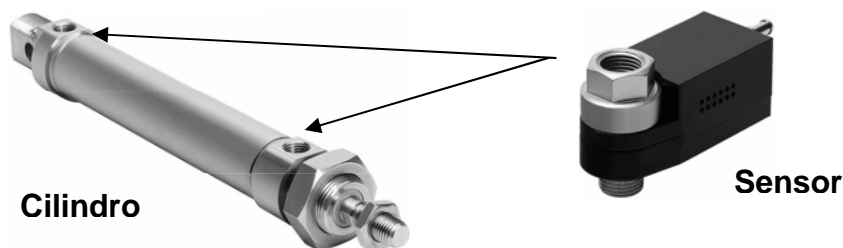
**Tabla 2.** componentes del sistema hidráulico Ros Roca

<b>NUMERO EN ESQUEMA HIDRAULICO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
10	Bloque Panel y cuchilla de compactación
30	Bloque de Eyección y cargue trasero
50	Deposito hidráulico
70	Filtro hidráulico de succión
80	Filtro hidráulico de retorno
100	Grifo
110	Bomba hidráulica
130	Cilindro cuchilla con sensor
140	Cilindro cuchilla sencillo
150	Cilindro panel con sensor
160	Cilindro panel sencillo
170	Cilindro de eyección o evacuación
180	Cilindro de cargue trasero
190	Válvula antirretorno

## 5. COMPONENTES DEL NUEVO DISEÑO

Para el nuevo diseño se trabajará con un control automático de lazo cerrado (con retroalimentación), además de los mismos componentes del diseño actual, solo se agregarán algunos elementos para hacer posible el control automático de este sistema hidráulico, por ejemplo los sensores electromagnéticos de posición con alimentación a 12 voltios (figura 5.1) y transductor, para ser utilizados en los cilindros hidráulicos de doble efecto (ver elementos 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 y 9.0 fig. 6.3).

**Figura 5.1.** Sensores para cilindros hidráulicos



**Fuente:** Software y catalogo de Partes Neumáticas e Hidráulicas. Sección actuadores – Sección sensores de control. Festo Didactic. 2004.

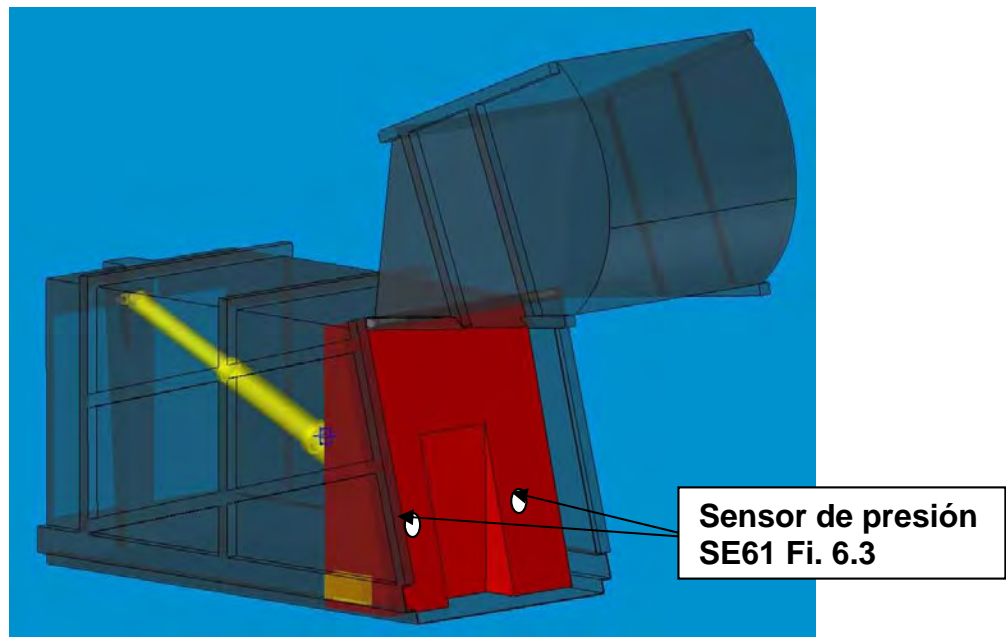
Otro aspecto es que se agregará un sensor de presión a la placa compactadora (SE61) el cual se encarga de sensar la presión ejercida sobre los residuos sólidos para que el control automático permita mas espacio en la caja compactadora y así permitir la entrada de mas desechos (figura 5.2 y su ubicación en la fig. 6.3).

Se cambia en la actualización el sistema de sujeción del portalón, es decir que se eliminan los tornillos y en su reemplazo serán instalados ganchos fabricados en acero 1020 accionados por cilindros hidráulicos de simple efecto (figura 5.3 y anexo 1, ver los elementos 11.0 y 10.0 en la fig. 6.3), los cuales serán gobernados por una válvula monoestable 3/2 vías (elemento 11.2 fig. 6.3) activada por solenoide; esto le adiciona versatilidad al proceso de evacuación en el esquema actualizado.

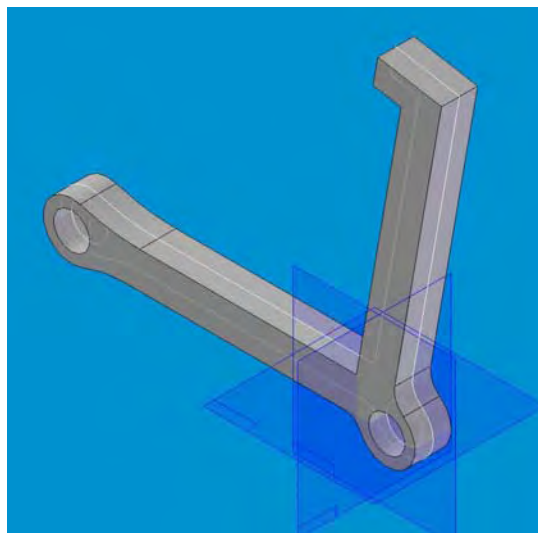
El sistema hidráulico básico se compone de tres pares de cilindros hidráulicos (para cuchilla elementos 3.0 y 4.0, para el panel elementos 1.0 y 2.0; y para el cargue trasero elementos 5.0 y 6.0 fig. 6.3) de doble efecto, un cilindro telescopico de tres cuerpos (para evacuación, elemento 9.0 fig. 6.3) y un ultimo par de cilindros de doble efecto con amortiguación (para levante de portalón, elementos

7.0 y 8.0 fig. 6.3). Estos cilindros son gobernados por unas válvulas biestables 4/3 vías, activadas por solenoides (elementos 1.1, 3.1, 5.1, 7.1 y 9.1 fig. 6.3).

**Figura 5.2.** Vista isométrica de la caja compactadora

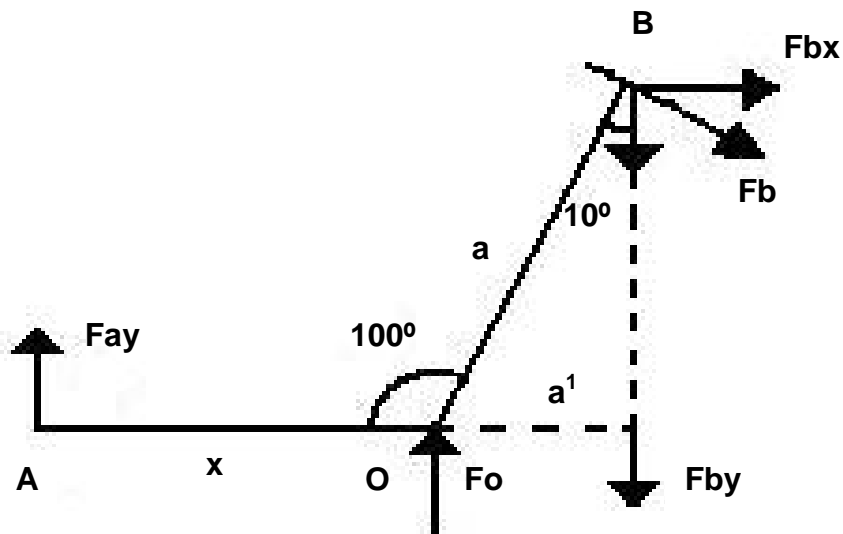


**Figura 5.3.** Vista isométrica del gancho



## 5.1. CÁLCULOS PARA EL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO SEGURO DEL PORTALÓN

**Figura 5.4.** Diagrama de cuerpo libre del gancho



Se asume que la fuerza  $F_b$  es igual en todos los puntos,. Para saber su valor se utiliza un Dinamómetro, se toma como factor de seguridad  $FS = 2$ .

$$F_b = 1.13 * 10^6 \text{ N}$$

**Ecuación 1**

$$F_{bd} = F_b * F.S = 1.13 * 10^6 * 2 = 2.26 * 10^6 \text{ N}$$

En adelante la  $F_{bd}$  (fuerza de diseño) se denomina  $F_b$

Del diagrama de cuerpo libre del gancho:

$$F_{by} = F_b * \cos 80$$

$$F_{by} = 2.26 * 10^6 * 0.174 = 3.93 * 10^5 \text{ N}$$

**Ecuación 2**

Para el cálculo de la fuerza  $F_{ay}$

$$\sin 10 = \frac{a^1}{a} \Rightarrow a^1 = \sin 10 * a$$

$$a^1 = 0.174 * 190mm = 33mm$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_o * x - F_{by} * (x + a^1) = 0$$

**Ecuación 3**

$$F_o = \frac{F_{by} * (x + a^1)}{x}$$

$$F_o = \frac{3.93 * 10^5 N * (220 + 33)}{220} = 4.52 * 10^5 N$$

$$\sum F_y = 0$$

**Ecuación 4**

$$F_{ay} + F_o - F_{by} = 0$$

$$F_{ay} = F_{by} - F_o$$

$$F_{ay} = 3.93 * 10^5 N - 4.52 * 10^5 N = -6.5 * 10^4 N$$

Utilizando un vástago de diámetro comercial de  $D_v = 1.25''$  (31.75 mm.) para calcular el diámetro del cilindro de simple efecto:

$$\overset{S}{F}_1 = P_c * A_p - P_v * A_c$$

**Ecuación 5**

$$\overset{S}{F}_1 = F_{ay}$$

Donde;

**P<sub>c</sub>**= Presión en el cilindro.

**A<sub>p</sub>**= Área del pistón.

**P<sub>v</sub>**= Presión en el vástago (1200 Psi.  $\equiv$  8.27 MPa)

**A<sub>c</sub>**= Área de la corona.

Se asume que la presión aportada por el resorte se hace 0, entonces la ecuación 5 es

$$\overset{S}{F}_1 = -P_v * A_c$$

**Ecuación 6**

$$A_c = \frac{\overset{S}{F}_1}{P_v} = \frac{6.5 * 10^4 N}{8.27 * 10^6 Pa} = 0.0079 m^2$$

$$A_c = A_p - A_v$$

$$A_p = A_c + A_v = 0.0079 + \frac{P}{4}(31.75 * 10^{-3})^2 = 0.0087 m^2 \quad \text{Ecuación 7}$$

$$0.0087 = \frac{P}{4} D_p^2 \Rightarrow D_p = \sqrt{\frac{0.0087 * 4}{P}} = 0.105 m$$

Normalizando el tamaño del pistón a un valor comercial, se toma el de 4".

Ahora se calcula el resorte de recuperación del pistón:

$$C = \frac{D}{d} \Rightarrow d = \frac{D}{C} = \frac{4}{10} = 0.40 in (10.2 mm) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde; **C** = Índice de resorte.  
**D** = Diámetro de la espira.  
**d** = Diámetro del alambre.

$$k = \frac{\Delta F}{y} \quad y = \frac{8FD^3Na}{d^4G} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$k = \frac{\Delta F}{y} = \frac{d^4G}{8D^3Na}$$

Donde; **k** = Constante o tasa de resorte.

El rango para C es de 4 a 12. Cuando C < 4, el resorte es difícil de fabricar; si C > 12, significa que está propenso a pandeo. Además, conocida la carrera del pistón (y) de 300 mm.

Cuando se toma la medida de la fuerza máxima en el punto b, se puede establecer que la fuerza mínima en este mismo punto es aproximadamente el 75% de la máxima. Con base en tabla 3a y 3b se obtiene el número de espiras activas del resorte así:

Donde; **G** = Modulo de rigidez a cortante (80.8 GPa ≡ 11.7 Mpsi).  
**Na** = Numero de espiras activas.

$$k = \frac{6.5 * 10^4 N - 4.87 * 10^4 N}{0.40 m} = 4.1 * 10^4 N/m$$

**Tabla 3a.** Diámetros de alambre preferidos y tratamientos en los extremos para resortes helicoidales de compresión

U.S. (in)		SI (mm)
0.004		0.10
0.005		0.12
0.006		0.16
0.008		0.20
0.010		0.25
0.012		0.30
0.014		0.35
0.016	A229	0.40
0.018		0.45
0.020		0.50
0.022		0.55
0.024	A227	0.60
0.026		0.65
0.028		0.70
0.030		0.80
0.035		0.90
0.038		1.00
0.042		1.10
0.045		
0.048		1.20
0.051		
0.055		1.40
0.059	A401	1.60
0.063		
0.067		
0.072		1.80
0.076		
0.081		2.00
0.085		2.20
0.092		
0.098		2.50
0.105		
0.112		2.80
0.125		3.00
0.135		3.50
0.148		
0.162		4.00
0.177		4.50
0.192		5.00
0.207		5.50
0.225		6.00
0.250		6.50
0.281	A228	7.00
0.312		8.00
0.343		9.00
0.362		
0.375		
0.406		10.0
0.437		11.0
0.469	A232	12.0
0.500		13.0
0.531		14.0
0.562		15.0
0.625		16.0



$$N_a = N_t$$

(a) Extremos simples



$$N_a = N_t - 1$$

(b) Extremos simples rectificados



$$N_a = N_t - 2$$

(c) Extremos cuadrados



$$N_a = N_t - 2$$

(d) Extremos cuadrados y rectificados



**Tabla 3b.** Materiales comunes para alambres de resortes

ASTM #	Material	SAE #	Descripción
A227	Alambre estirado en frío ("estirado duro")	1066	Alambre para resorte para uso general de menor costo. Adecuado para cargas estáticas pero no es bueno para la fatiga o impacto. Rango de temperatura de 0°C a 120°C (250°F).
A228	Alambre de piano	1085	Material muy tenaz de muy amplio uso para resortes de espiras pequeñas. Tiene la resistencia más elevada a la tensión y a la fatiga de todos los alambres para resorte. Rango de temperatura 0°C a 120°C (250°F).
A229	Alambre revenido al aceite	1065	Acero para resorte de uso general. Menos costoso y disponible en tamaños mayores del alambre para piano. Adecuado para cargas estáticas pero no bueno para la fatiga o el impacto. Rango de temperatura 0°C a 180°C (350°F).
A230	Alambre revenido en aceite	1070	Calidad de resorte de válvulas. Adecuada para carga a la fatiga.
A232	Cromo vanadio	6150	Acero para resorte de aleación de mayor popularidad. Calidad de resorte de válvulas. Adecuado para cargas a la fatiga. También bueno para cargas de impacto y de golpe. Para temperaturas de hasta 220°C (425°F). Disponible recocido y prerrevenido.
A313 (302)	Acero inoxidable	30302	Adecuado para aplicaciones de fatiga.
A401	Al cromo silicio	9254	Calidad de resorte de válvula: adecuada para cargas a la fatiga. Resistencia apenas inferior a la del alambre de piano y tiene una más elevada resistencia a la temperatura hasta 220°C (425°F).
B134, #260	Latón para resorte	CA-260	Baja resistencia, pero resistente a la corrosión.
B159	Bronce fosforado	CA-510	Resistencia superior al latón, mejor resistencia a la fatiga. Resistente a la corrosión. No debe tratarse térmicamente ni doblarse a lo largo del grano.
B197	Cobre al berilio	CA-172	Resistencia superior al latón. Mejor resistencia a la fatiga. Bastante resistente a la corrosión. Puede tratarse térmicamente y doblarse a lo largo del grano.
-	Inconel X-750	-	Resistente a la corrosión.

**Fuente:** Norton, Robert. Diseño de maquinas. 1 ed. México: Prentice Hall, 1999. p. 817-823.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la ecuación 9, se observa que el diámetro de trabajo mas aproximado es de 10.0 mm, el material a utilizar es SAE 1065 (A229), que se encuentra comercialmente disponible para este diámetro.

$$4.1 * 10^4 \frac{N}{m} = \frac{d^4 G}{8 D^3 N_a}$$

$$N_a = \frac{(0.010)^4 * 80.8 * 10^9}{8 * (0.105)^3 4.1 * 10^4} = 2.12 \cong 2 \frac{1}{4} \text{ Espiras}$$

Si se redondea al 1/4 de espira más próximo, ya que la tolerancia de fabricación no admite una precisión menor, y con los datos de la tabla 3a y 3b, para extremos cuadrados y rectificadas:

$$N_a = N_t - 2 \Rightarrow N_t = N_a + 2 = 2 \frac{1}{4} + 2 = 4 \frac{1}{4} \text{ Espiras}$$

Con el número de espiras totales  $N_t$  se termina el diseño del cilindro de simple efecto.

## 6. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL CONTROL AUTOMATICO

El sistema hidráulico será accionado directamente desde la cabina del vehiculo, adicionalmente estará equipado con un pulsador de parada de emergencia, un pulsador para el proceso de compactación, otro pulsador para el proceso de evacuación y un ultimo pulsador para el levante trasero y su respectivo descargue (figura 6.5)

Lo primordial que se plantea en el esquema de actualización para que el control automático exista, es el cambio de los accionamientos mecánicos de todas las válvulas hidráulicas, por electroválvulas de 12 voltios y en algunos casos instalar válvulas nuevas, que no permiten la fijación de electroválvulas en el esquema actual.

Se diseñara un controlador automático para un procesador Siemens serie 5000LXT, el cual da la posibilidad de tener todas las entradas y salidas que se requiere. Se diseñara la programación para lenguaje Ladder, para esto se empleara el software *AUTAMATION STUDIO 7.0*, pero aclarando que para introducir esta información al procesador se requiere el software *Micrologic 500* o *1000*. A continuación se presentaran los diseños.

**Figura 6.1.** Diagrama de entradas y salidas del programador

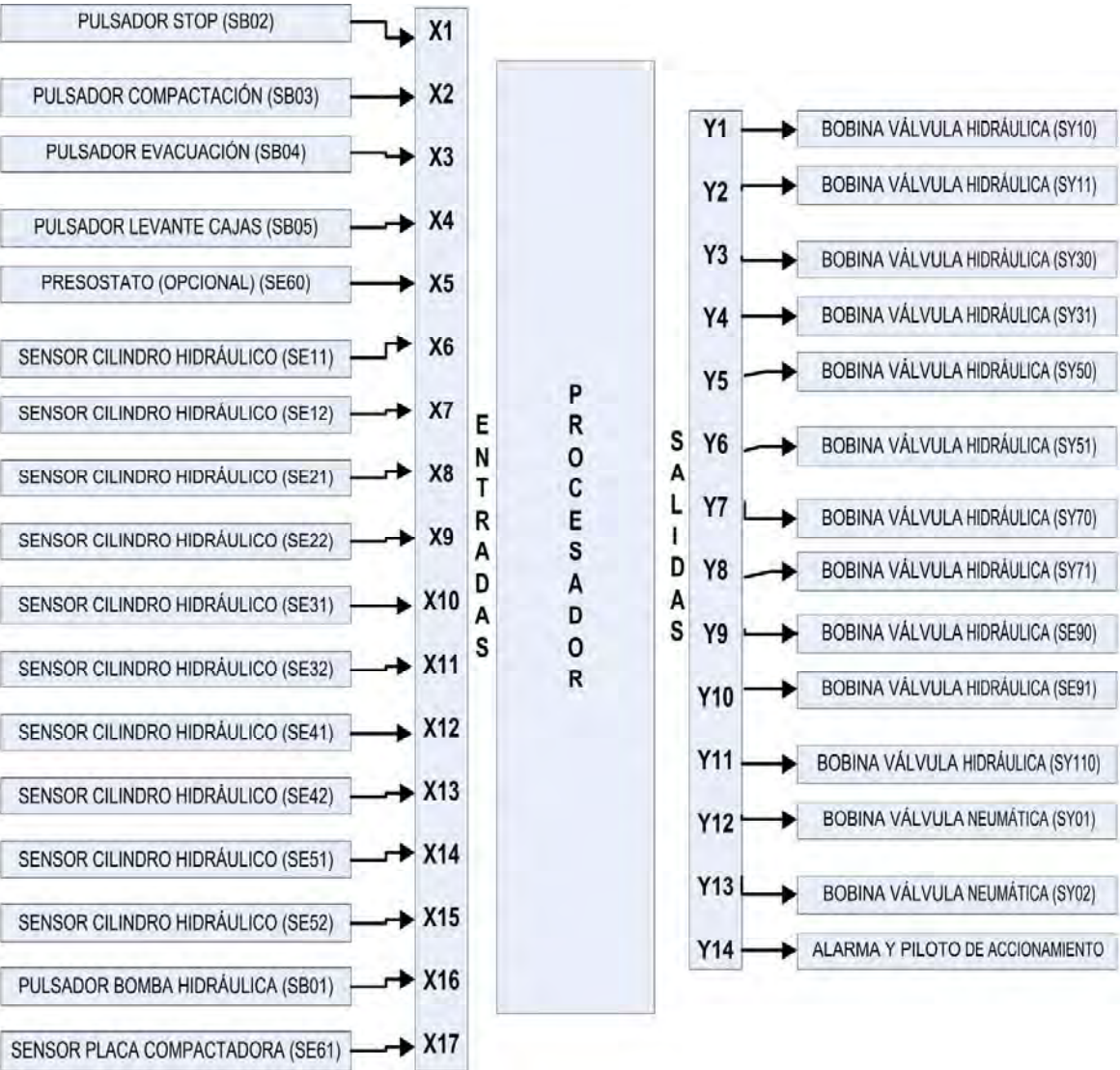


Figura 6.2a. programación tipo Ladder parte 1

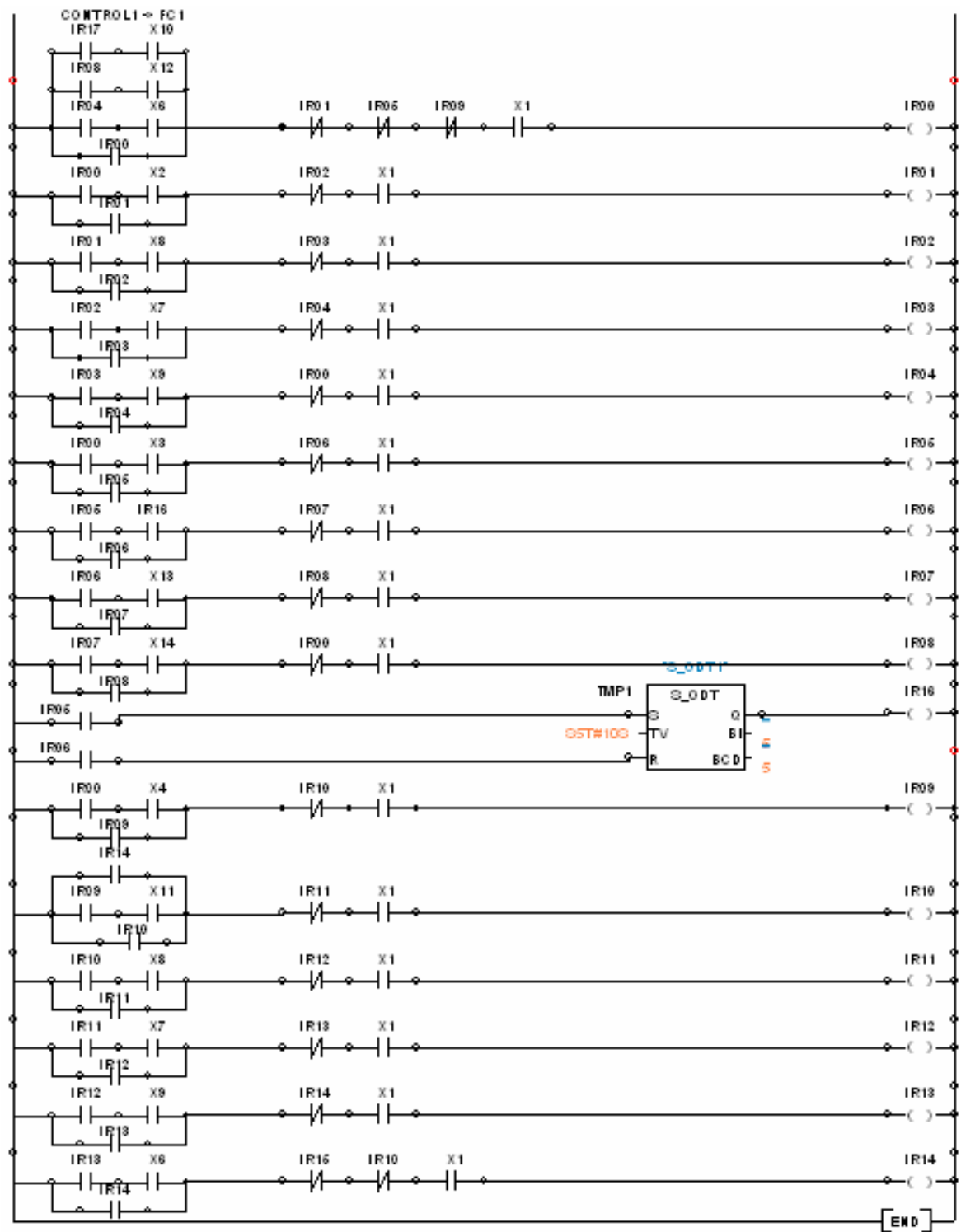
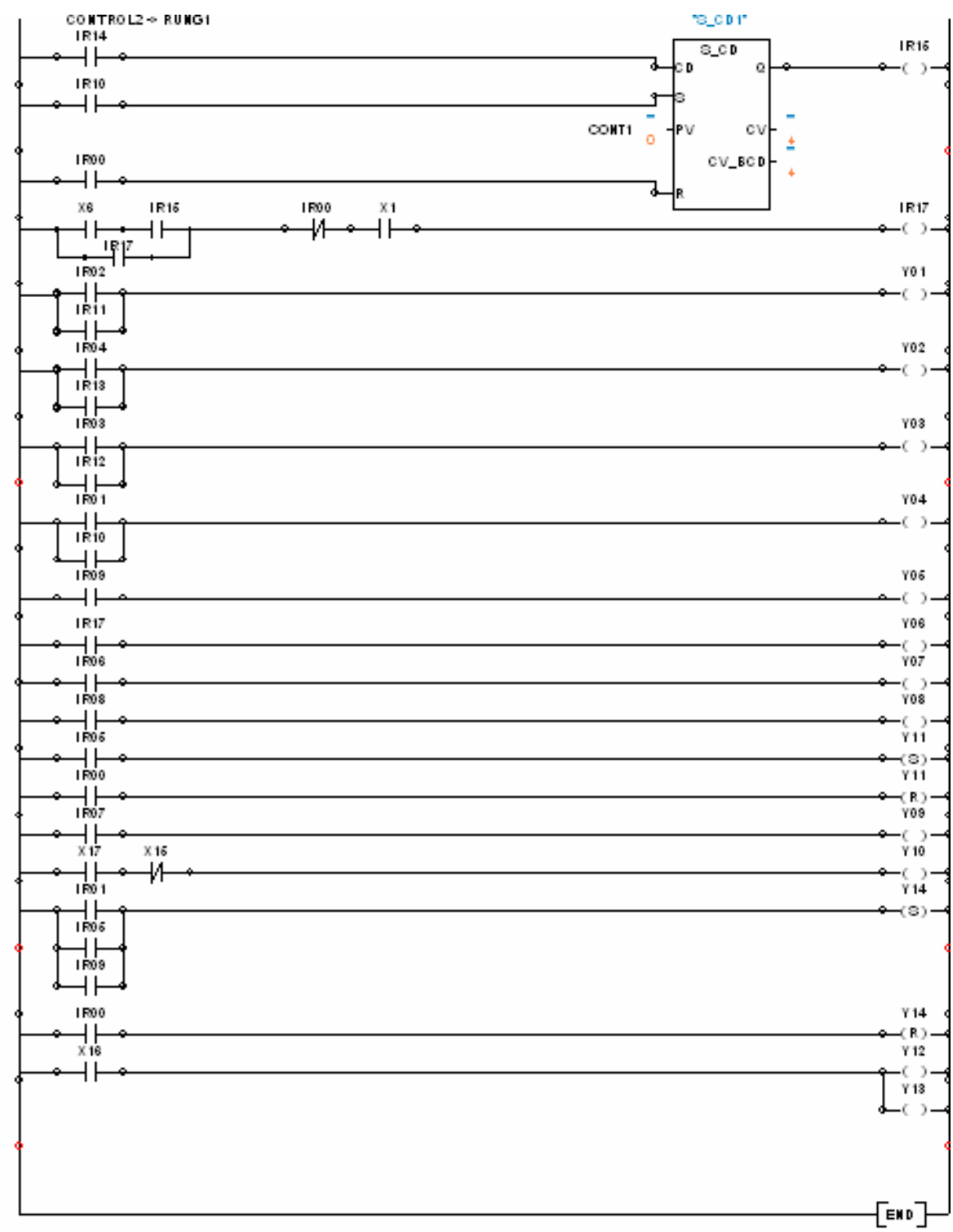
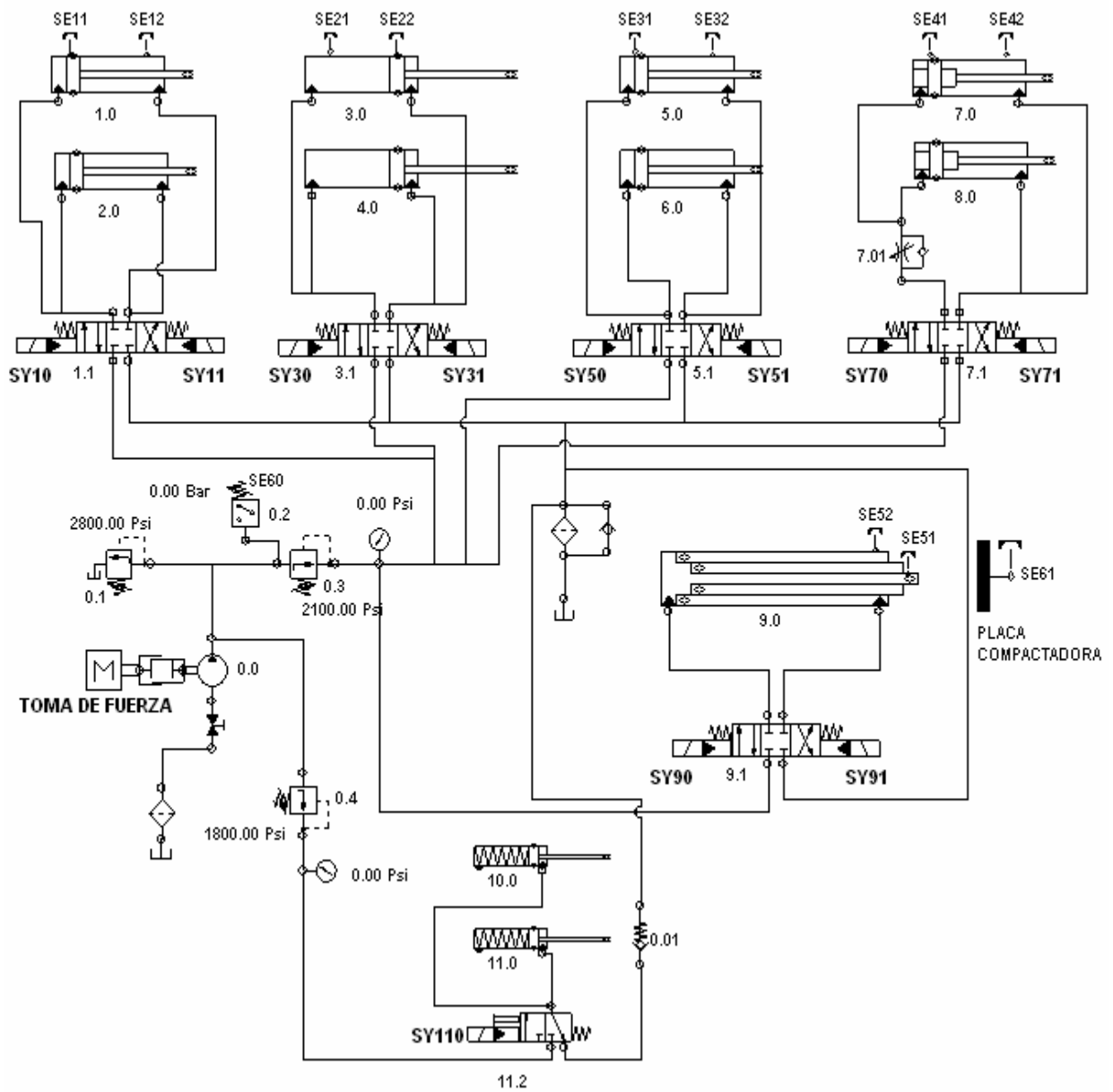


Figura 6.2b. Programación tipo Ladder parte 2



**Figura 6.3.** Esquema hidráulico actualizado y con control automático



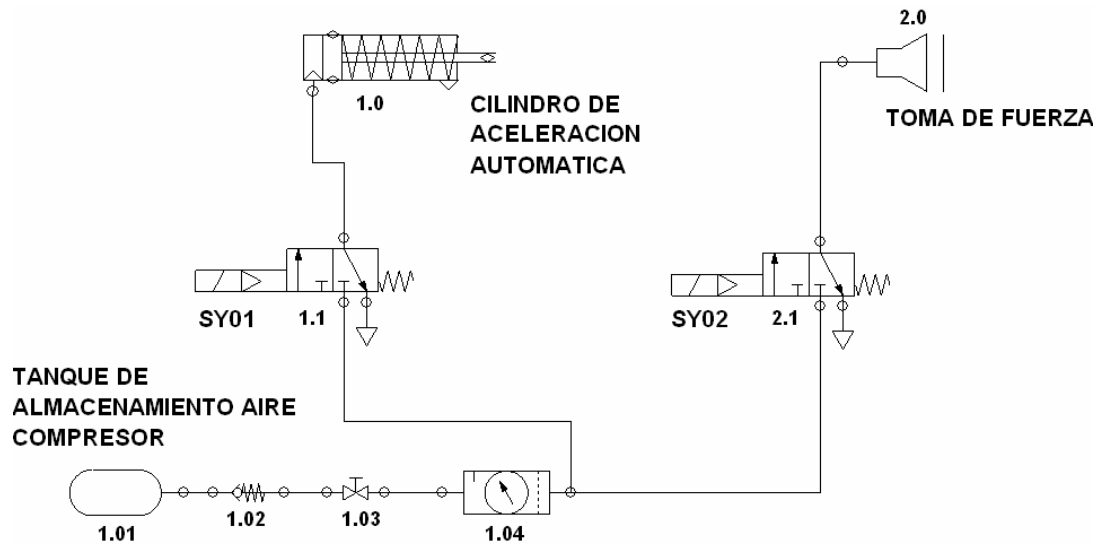
**Tabla 4.** Componentes del sistema hidráulico actualizado

32

<b>NUMERO EN ESQUEMA HIDRAULICO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1.0-2.0	CILINDROS CORTINA PANEL
3.0-4.0	CILINDROS CUCHILLA PANEL
5.0-6.0	CILINDROS LEVANTE TRASERO
7.0-8.0	CILINDROS PORTALON
9.0	CILINDRO CENTRAL DE COMPACTACION
10.0-11.0	CILINDRO SEGURO PORTALON
1.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CORTINA
3.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS CUCHILLA
5.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS LEVANTE TRASERO
7.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS PORTALON
9.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CENTRAL DE COMPACTACION
11.2	VALVULA DE MANDO CILINDROS SEGUROS PORTALON
0.0	BOMBA HIDRAULICA
0.1	VALVULA DE SEGURIDAD
0.2	PRESOSTATO
0.3	VALVULA REGULADORA DE PRESION PRINCIPAL
0.4	VALVULA REGULADORA DE PRESION SECUNDARIA

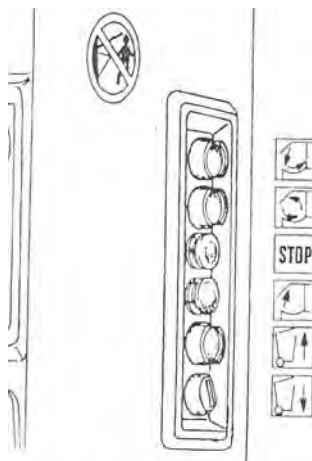


**Figura 6.4.** Esquema neumático



Se instalará un panel de controles, que en si esta compuesta por una caja metálica donde se instalarán los pulsadores para arrancar el sistema, pararlo en caso de emergencia, iniciar un ciclo de compactación, iniciar el ciclo de evacuación, iniciar el levante trasero y realizar la evacuación de los residuos solidos; además aquí están instaladas las respectivas señales lumínicas para cuando entre en funcionamiento el sistema. (Figura 6.5).

**Figura 6.5.** Panel de control (pulsadores)



## 7. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO ACTUALIZADO

Para comenzar con el funcionamiento del sistema, el motorista debe accionar el pulsador SB01 (ver entrada X16 fig. 6.1) este dará la señal para accionar la electroválvula del toma de fuerza y la de aceleración automática (ver elementos 1.1 y 2.1 fig. 6.4), inmediatamente después se enciende la luz y alarma que indica que el sistema hidráulico esta operativo (ver salida Y14 fig.6.1).

Para comenzar el ciclo de compactación el operario acciona el pulsador SB03 (ver entrada X2 fig. 6.1) que activa la electroválvula de mando de los cilindros de cuchilla (ver elemento 3.1 fig. 6.3) para realizar su carrera de retroceso. Al llegar al final de la carrera un sensor SE21 es activado (ver entrada X8 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3), que se encarga de accionar la electroválvula de mando de los cilindros de panel (ver elemento 1.1 fig. 6.3) los cuales avanzan hasta llegar al sensor final de carrera SE12 (ver entrada X7 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3). Ahora se acciona la electroválvula de mando de los cilindros de cuchilla que los hará avanzar hasta llegar al sensor final de carrera SE22 (ver entrada X9 fig. 6.1 y su ubicaciones fig. 6.3), este ultimo dará la señal para que se active la electroválvula de mando de los cilindros de panel que inmediatamente tomaran su carrera de retroceso, hasta llegar al sensor final de carrera SE11 (ver entrada X6 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3) que se encarga de dar la señal para terminar este ciclo.

Para realizar el ciclo de evacuación el operario comienza por accionar el pulsador SB04 (ver entrada X3 fig. 6.1), este activa la electroválvula (ver elemento 11.2 fig. 6.3) para que retrocedan los cilindros que sostienen los ganchos que aseguran el portalón (ver elementos 10.0 y 11.0), simultáneamente se activara un temporizador en el controlador setiado para 5 segundos (tiempo suficiente para garantizar la apertura de los ganchos). Al transcurrir este tiempo se emite una señal que activa la electroválvula de mando de los cilindros de levante de portalón y avanzar hasta llegar al final de carrera SE42 (ver entrada X13 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3), al ser accionado este genera una señal que coloca en avance el cilindro central de compactación por medio de su válvula de mando (ver elementos 9.0 y 9.1 fig. 6.3). Al terminar su recorrido se activara el sensor SE52 (ver entrada X15 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3) para que retroceda el cilindro central, al terminar esta se activara el sensor SE51 (ver entrada X14 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3), que genera la señal para activar la electroválvula de mando de los cilindros de portalón y hacer que estos descendan, hasta el sensor SE41 (ver entrada X12 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3) que suministra la señal para desactivar la válvula de los cilindros del portalón y así permitir que este quede asegurado de nuevo.

Para realizar el ciclo del levante trasero, el operario debe accionar el pulsado SB05 (ver entrada X4 fig. 6.1) y así generar la señal que activa la electroválvula de mando de los cilindros de levante trasero (ver elementos 5.1, 5.0 y 6.0 fig. 6.3) los cuales avanzan hasta llegar al sensor final de carrera SE32 (ver entrada X11 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3). Este sensor hará que se active simultáneamente el ciclo de compactación y un contador en el programador setiado en 4, cuya función es realizar 4 ciclos de compactación continuamente (esto garantiza que los residuos sólidos almacenados sean retirados totalmente). Al terminar estos ciclos, el contador envía una señal para que los cilindros de portalón descendan hasta llegar al final de carrera SE31 (ver entrada X10 fig. 6.1 y su ubicación en fig. 6.3) donde termina este ciclo.

Para desacoplar el toma de fuerza del sistema hidráulico solo es necesario desenchavar el pulsador SB01. Además hay que tener en cuenta que los ciclos descritos anteriormente pueden ser detenidos en cualquier momento que se requiera por medio del pulsador stop SB02 (ver entrada X1 fig. 6.1)

## 8. VALORACION ECONOMICA DEL PROYECTO

### 8.1 COSTOS DE LOS ELEMENTOS A UTILIZAR

**Tabla 5.** Relación de elementos a utilizar para la actualización del sistema hidráulico

DESCRIPCION ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Válvula 4/3 vías biestable, bloqueada en la posición central, accionada por solenoide a 12 V. DC. Cepto 3	4	\$ 310.000	\$ 1.240.000
Manifold de 5 estaciones Cepto 3	1	\$ 555.000	\$ 555.000
Sensor electromagnético tipo abrazadera a 12 V. con transductor DC	10	\$ 220.000	\$ 2.200.000
Sensor de presión plano fijo regulable con tornillo	1	\$ 195.000	\$ 195.000
Microprocesador Siemens serie 500 LXT	1	\$ 1.950.000	\$ 1.950.000
Caja para conexión de entradas y salidas	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Cilindro hidráulico de simple efecto para asegurar portalón	2	\$ 450.000	\$ 900.000
Válvula 3/2 vías monoestable accionada por solenoide 12 V. DC. Con reposición por resorte	1	\$ 230.000	\$ 230.000
Mangueras y accesorios		\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Cableado, protectores y conectores		\$ 700.000	\$ 700.000
Caja protectora microprocesador en acrílico	1	\$ 60.000	\$ 60.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 10.100.000</b>

## 8.2 COSTOS DE OPERACIÓN DE VEHICULO RECOLECTOR SIN ACTUALIZACION

Sueldo operario	\$ 738.800
Sueldo motorista	\$ 785.500

Valor hora extra diurna operario	\$ 3.846
Valor hora extra diurna motorista	\$ 4.091
Auxilio de alimentación	\$ 7.026

Se asume que 2 horas extras seria le tiempo mínimo que se gastaría una tripulación de un vehiculo recolector, conformado por 3 operarios y 1 motorista en terminar sus labores.

Valor en horas extras de la tripulación \$ 52.236

Se asume también que el vehiculo recolector no presentara ninguna falla en su sistema hidráulico y que además se despreciara el consumo extra de llantas y combustible.

Por lo tanto se necesitaran aproximadamente 200 días laborados en un turno para recuperar la inversión, incluyendo los tiempos muertos debido a la instalación y ajustes del sistema hidráulico actualizado.

## 9. CONCLUSIONES

Para reducir los tiempos de operación de los vehículos recolectores de residuos sólidos, se hace necesario actualizar el diseño de la manera en que el proceso de compactación se lleva a cabo, lo que fue el objetivo general del presente proyecto.

Los resultados que se estiman con esta actualización del diseño son entre otros:

1. El tiempo real de compactación actualmente es de 6 minutos en promedio, con un sistema hidráulico en buenas condiciones de trabajo. En la simulación del diseño propuesto en la actualización (se utiliza como software de apoyo *MICROLOGIC 500*), el tiempo estimado es de máximo 2.30 minutos, teniendo en cuenta todas las condiciones de trabajo (presión, temperatura del fluido, material a compactar, contrapresiones, etc.)
2. Para el montaje de esta actualización del diseño se hace necesario elementos hidráulicos como los anteriormente relacionados en la valoración del proyecto, que en general son de fácil adquisición, pues si se tiene en cuenta la relación costo – beneficio de este equipo, resultaría considerablemente económico. Esto obedece a la reducción de la jornada laboral extra de los 4 operarios que conforman la tripulación de operación (Un motorista y tres operarios) y por otro lado se estaría incrementando el tiempo real de trabajo aprovechable del vehículo compactador de residuos sólidos.
3. Se aprovecharía al motorista del vehículo para la operación del sistema hidráulico, con esto el operario se dedicaría exclusivamente a la labor que le compete, que es, la recolección de residuos sólidos, dando como resultado final una herramienta poderosa para las empresas de transporte y disposición final de residuos sólidos como es EMSIRVA E:SP.
4. El presente proyecto muestra como es posible realizar reingeniería de procesos existentes, modernizando o actualizando diseños como el del presente caso, donde de un sistema hidráulico básico se pudo obtener un sistema hidráulico controlado por un operador lógico, que lleva al equipo a un nivel que va de la mano con la última tecnología.

## BIBLIOGRAFIA

- Bela, Sandor. Ingeniería mecánica estática, 2 ed. Mexico: Prentice Hall, 1989. 456 p.
- Cenen, Hugo. Material de apoyo para la materia maquinas hidráulicas. Santiago de Cali, 2005. Universidad Autónoma de occidente.
- DORF, Richard; BISHOP, R. Sistemas de control moderno. 10 ed. Madrid: Pearson Educación, 2005. 928 p.
- Especialista en Pneumatic e Hidráulica. [En línea]. S.C. Festo AG & Co. KG. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: [http://www.festo.com/INetDomino/coorp\\_sites.htm](http://www.festo.com/INetDomino/coorp_sites.htm).
- Especialista en Pneumatic e Hidráulica. [En línea]. S.C. Bosch group. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.boschrexroth.com/>
- Norton, Robert. Diseño de maquinas. 1 ed. México: Prentice Hall, 1999. 1080 p.
- OGATA, Katsuhiko Ingeniería de Control Moderna. 2 ed.. México: Prentice Hall 1993. 1020 p.
- Portal de Información General de EMSIRVA E.S.P. [En línea]. Santiago de Cali: Emsirva E.S.P, 2005. [consultado 14 de Febrero, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.emsirva.com.co/newsite/index.php>
- Principios de la Hidráulica [En línea]. Madrid: S.E. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://members.fortunecity.es/100pies/mecanica/hidraulicaprincipios.htm>.
- Principios de Hidráulica y Neumática. [En línea]. S.C. S.F. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.orientaline.net/tecno/apuntes9.pdf>.
- Técnica Oleohidráulica. [En línea]. S.C. ST oleohidráulica. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.tecnicaoleohidraulica.com/>.
- Software y catalogo de Partes Neumáticas e Hidráulicas. Sección actuadores – Sección sensores de control. Festo Didactic. 2004.

Revisión			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

2D Drawing Dimensions:

- Overall Length: 152.22
- Overall Width: 20
- Top Flange Width: 25.4
- Top Flange Radius: R 20
- Top Flange Hole Diameter:  $\phi 25.4$
- Top Flange Hole Position: R 12.31
- Top Flange Hole Position (from center): 10.0
- Top Flange Hole Position (from edge): 18.892
- Top Flange Hole Position (from edge): 19.08
- Top Flange Hole Position (from edge): 45.4
- Top Flange Hole Position (from edge): 25.4
- Top Flange Hole Position (from edge): R 15.55
- Top Flange Hole Position (from edge): 25

Nombre		Fecha	
Dibujado	México	Errar	No
Comprobado			
Aprobado 1			
Aprobado 2			

Salvo indicación contraria	
Trazos en milímetros	
Ángulos en grados	
Tolerancias $\pm 0.05$ y $\pm 0.1$	

SOLID EDGE	
EDS-PIN SOLIDWORKS	
3D	Plano
Escala	Peso
Hojas 1 de 1	



## Anexo 2. Simbología

Para representar Los circuitos hidráulicos y sus componentes pueden expresarse de varias formas en los planos según la función que deba indicar, puede ser un esquema de la forma externa del componente (Poco Utilizada), un corte seccional que muestren su construcción interna (poco utilizada), la simbología mayormente utilizada es un diagrama gráfico que nos indique su función.<sup>2</sup>

En la industria, los símbolos y diagramas gráficos son los más utilizados. Los símbolos gráficos son la "taquigrafía" de los diagramas de circuitos, utilizándose formas geométricas sencillas que indican las funciones e interconexiones de las líneas y de los componentes. Se dispone de una gran cantidad de gráficos. Aquí expondremos los símbolos más comunes y su modo de empleo, conjuntamente los separamos según la siguiente clasificación:

- a) Líneas
- b) Depósitos
- c) Válvulas de control de flujo
- d) Válvulas de control de presión
- e) Válvulas direccionales y accionamiento
- f) Bombas
- g) Motores
- h) Cilindros
- i) Filtros
- j) Acumuladores
- k) Otros

**a) Líneas.** Las tuberías, tubos y pasos hidráulicos se representan como líneas simples (figura 6.6). Existen tres clasificaciones fundamentales.<sup>2</sup>

- **Una línea principal.**(Trazo continuo), transporta el caudal principal del sistema. En los diagramas gráficos incluyen la línea de aspiración o entrada de la bomba, las líneas de presión y las de retorno al tanque. Pueden en ocasiones representarse además coloradas.

2. Técnica Oleohidráulica. [En línea]. S.C. ST oleohidráulica. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.tecnicaoleohidraulica.com/>.

- **Una línea piloto.** (Trazos largos interrumpidos) lleva el fluido que se usa para controlar el funcionamiento de una válvula o de otro componente a distancia, a una presión inferior (Pilotaje).
- **La línea de drenaje.** (Trazos cortos interrumpidos) lleva el aceite de drenaje al tanque.

**Figura 6.6** Simbología de líneas

FLEXIBLE	LINEA CON RESTRICTOR FIJO	TAPON	CAUDAL PNEUMATICO	LINEAS CRUZADAS 2
LINEA DE TRABAJO	LINEA DE DRENAJE	LINEA DE PILOTAJE	CAUDAL HIDRAULICO	CONTORNO DE COMPONENTE
LINEAS UNIDAS	LINEAS CRUZADAS 1			

**b) Depósitos.** El depósito se dibuja en forma de rectángulo abierto en su parte superior en el caso de un tanque con respiradero y cerrado para un tanque presurizado. Por conveniencia, se pueden dibujar varios símbolos en un diagrama, aunque haya solamente un depósito (figura 6.7).

Las líneas de conexión se dibujan hasta el fondo del símbolo cuando las tuberías terminan bajo el nivel del líquido en el tanque. Sí una línea termina sobre el nivel del líquido, se dibuja sólo hasta la parte superior del símbolo.

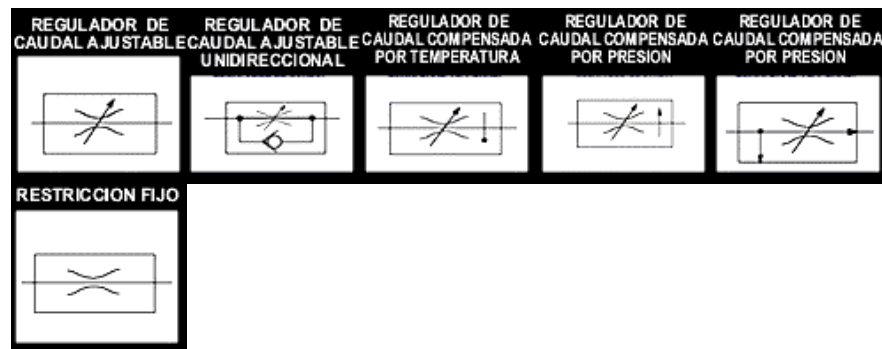
**Figura 6.7** Simbología de depósitos

DEPOSITO ABIERTO A LA ATMOSFERA	DEPOSITO PRESURIZADO	RETORNO SOBRE NIVEL DEL ACEITE	RETORNO BAJO EL NIVEL DEL ACEITE

**c) Válvulas de control de flujo.** El símbolo básico de una válvula es un cuadrado que se denomina envoltura. Puede incluir otros símbolos para indicar función. Las flechas se añaden a las envolturas para indicar el paso y dirección del caudal (figura 6.8).

Las válvulas de control de caudal de posiciones infinitamente variables, tienen envolturas simples. Pueden tomar cualquier posición, entre completamente abiertas y completamente cerradas, según el volumen de líquido que pase por ellas.

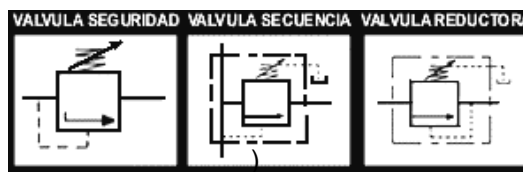
**Figura 6.8** Simbología de válvulas de control de flujo



**d) Válvulas de control de presión.** El símbolo básico de una válvula es un cuadrado que se denomina envoltura. Puede incluir otros símbolos par indicar función. Las flechas se añaden a las envolturas para indicar el paso y dirección del caudal (figura 6.9).

Las válvulas de control de la presión de posiciones infinitamente variables, tienen envolturas simples. Pueden tomar cualquier posición, entre completamente abiertas y completamente cerradas, según el volumen de líquido que pase por ellas

**Figura 6.9** Simbología de válvulas de control de presión



## e) Válvulas direccionales y accionamientos

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de circuito se utilizan símbolos, mediante estos símbolos podemos expresar la función de la válvula de control direccional. Éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función. Las simbologías normalmente utilizadas son normalizadas (figura 6.10a) internacionalmente y pueden utilizarse la simbología I.S.O. (International Standards Organization) o C.T.O.P (European Fluid Power Standards Committee).<sup>6</sup>

Las válvulas direccionales dirigen el fluido abriendo y cerrando vías para el caudal, estas son posiciones definidas anteriormente a la válvula. El símbolo gráfico (simbología) se ilustra de la siguiente forma, ver:

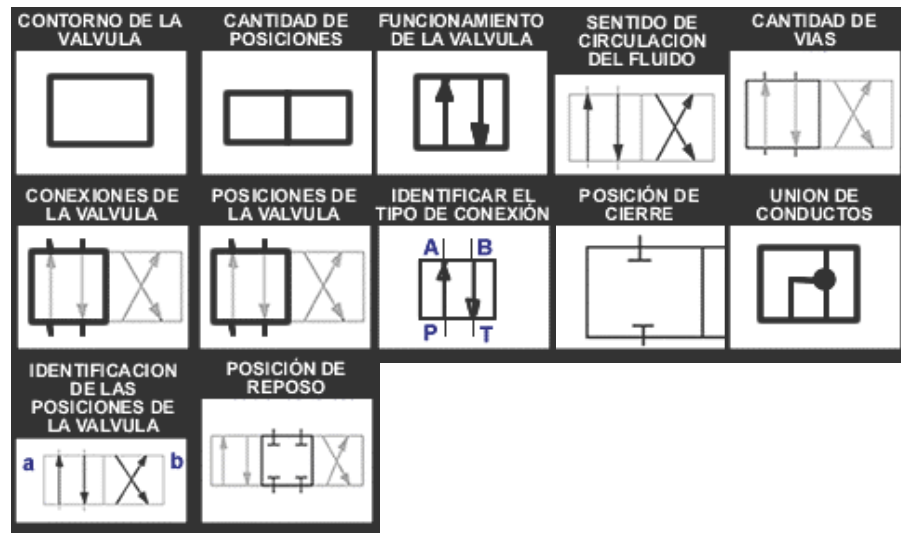
- Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados o rectángulos.
- La cantidad de cuadrados adyacentes indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora.
- El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de los cuadros.
- Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido.
- Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales.
- La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto.
- Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.
- Las otras posiciones de la válvula se obtiene desplazando lateralmente los cuadrados, hasta que las conexiones coincidan.
- Por letras pueden ser distinguidas las conexiones A, B, P, T,....
- Las posiciones pueden distinguirse por medio de letras minúsculas a, b, c,....
- Válvula de 3 posiciones. Posición intermedia = Posición de reposo.<sup>3</sup>

2. Técnica Oleohidráulica. [En línea]. S.C. ST oleohidráulica. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.tecnicaoleohidraulica.com/>.

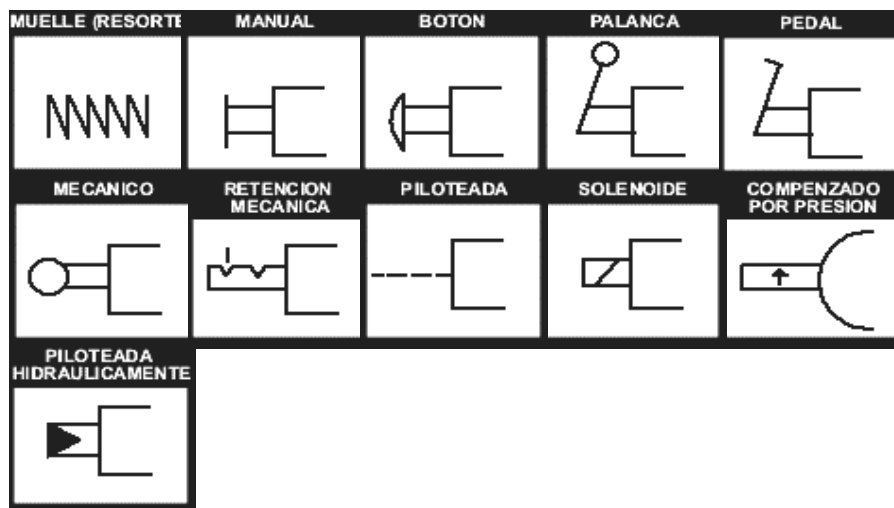
3. Especialista en Pneumatic e Hidráulica. [En línea]. S.C. Festo AG & Co. KG. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: [http://www.festo.com/INetDomino/coorp\\_sites.htm](http://www.festo.com/INetDomino/coorp_sites.htm).

- Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición, Ej. Un muelle (Resorte), aquella posición que las piezas móviles ocupan cuando la válvula no está accionada.
- Su forma de activación (figura 6.10b), que en si la manera en que el componente entra en la instalación hidráulica.

**Figura 6.10a** Simbología de válvulas direccionales

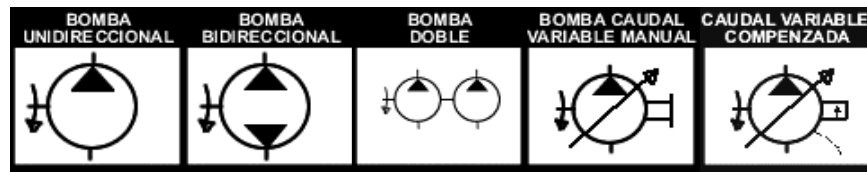


**Figura 6.10b** Simbología de tipos de accionamientos



**f) Bombas.** Un círculo es el símbolo básico para los componentes giratorios. Los triángulos colocados en los símbolos indican que son fuentes de energía (bombas) o receptores de energía (motores). Si el componente es unidireccional el símbolo tiene sólo un triángulo (figura 6.11). Una bomba o motor reversible se dibuja con dos triángulos.<sup>6</sup>

**Figura 6.11** Simbología de tipos de bombas



**g) Motores.** Un círculo es el símbolo básico para los componentes giratorios. Los triángulos colocados en los símbolos indican que son fuentes de energía (bombas) o receptores de energía (motores). Si el componente es unidireccional el símbolo tiene sólo un triángulo. Una bomba o motor reversible se dibuja con dos triángulos (figura 6.12).<sup>2</sup>

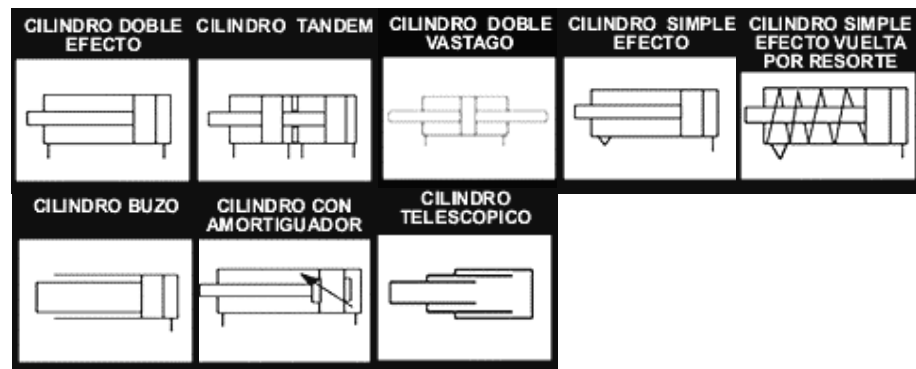
**Figura 6.12** Simbología de tipos de bombas



**h) Cilindros.** Un cilindro se dibuja como un rectángulo indicando el pistón, el vástago y las conexiones de los orificios. Un cilindro de simple efecto se dibuja abierto en el extremo de vástago y solamente con un orificio de entrada en el otro extremo. Un cilindro de doble efecto se representa cerrado y con dos orificios (figura 6.13).<sup>2</sup>

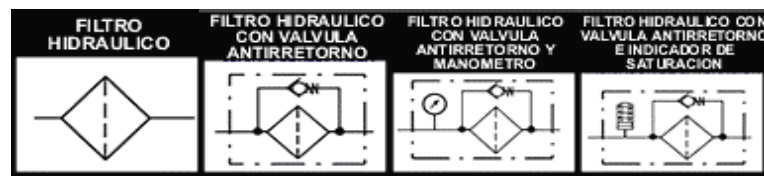
2. Técnica Oleohidráulica. [En línea]. S.C. ST oleohidráulica. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.tecnicaoleohidraulica.com/>.

**Figura 6.13** Simbología de tipos de bombas



**i) Filtros.** Generalmente se representan por rombos con una línea central punteada (figura 6.14).<sup>4</sup>

**Figura 6.14** Simbología de tipos de filtros



**j) Acumuladores.** Su representación en símbolo, siempre es sinónimo de óvalos (figura 6.15).<sup>4</sup>

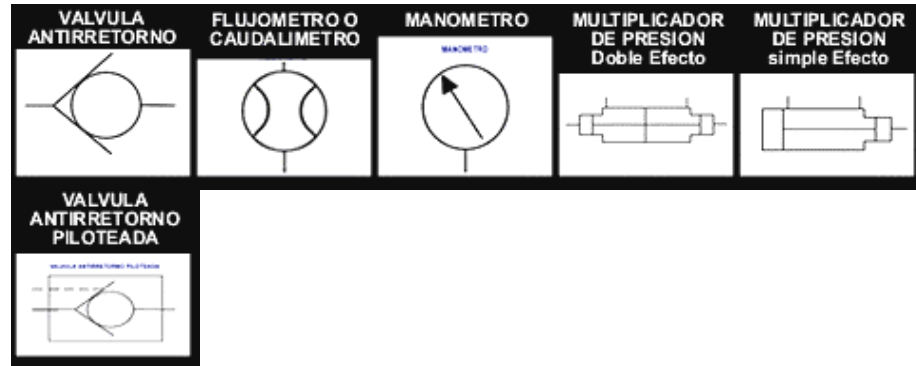
**Figura 6.15** Simbología de tipos de acumuladores



4. Especialista en Pneumatic e Hidráulica. [En línea]. S.C. Bosch group. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.boschrexroth.com/>.

j) **Otros.** En la parte anterior se ha descrito la representación simbólica de los componentes mas utilizados en la hidráulica, a continuación se muestra una miscelánea de otros componentes no menos importantes (figura 6.16).<sup>2</sup>

**Figura 6.16** Simbología de otros tipos de componentes





# **DISEÑAR UN CONTROL AUTOMÁTICO Y ACTUALIZAR EL SISTEMA HIDRÁULICO DE COMPACTACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS, EN LOS VEHÍCULOS DE LA EMPRESA EMSIRVA ESP.**

**Anyelo Alvarez Triana**

*Universidad Autónoma de Occidente estudiante de Ingeniería Mecánica,  
[angelotriana@rediffmail.com](mailto:angelotriana@rediffmail.com)*

**Abstract:** La principal necesidad de EMSIRVA es transportar una mayor cantidad de desechos sólidos hasta su lugar de disposición final en el menor tiempo posible. Frente a este desafío surge la necesidad de diseñar una caja compactadora con sistema de potencia alimentado hidráulicamente, que reemplace el sistema mecánico de operación actual. El modelo actual de compactación es manejado por válvulas actuadas por palancas, este sistema genera pérdidas excesivas de tiempo.

Debido a esto se plantea como solución, el diseño de un control automático y la actualización del sistema hidráulico actual, que optimice el rendimiento de los vehículos recolectores durante su operación de compactación y evacuación de desechos sólidos, y que además sea mas flexible en cuanto a su parte de mantenimiento se refiere.

**Keywords:** control automático, vehículos recolectores de desechos sólidos, sistemas hidráulicos

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la mayoría de los actuales vehículos recolectores de desechos sólidos de EMSIRVA E.S.P se deben operar hasta 4 palancas para completar el proceso de compactación de residuos sólidos. Esto ocasiona pérdidas excesivas de tiempo debido a que en cada proceso de compactación (completar el accionamiento de tres válvulas secuencialmente), se requiere de 5 a 10 minutos.

Se pretende con este proyecto diseñar un nuevo sistema de activación y funcionamiento hidráulico completamente automático que aumente la eficiencia

del proceso de compactación, de tal forma que quien lo opere no necesite un conocimiento extenso sobre sistemas hidráulicos, y que simultáneamente se convierta en un ahorro de tiempo debido a la facilidad de su aplicación, ya que para operarlo solo seria necesario oprimir un pulsador. El nuevo diseño garantiza la protección de sus elementos con el fin de aumentar su vida útil y disminuiría los costos de reparación, debido a fallas eléctricas o hidráulicas. Además de un aspecto físico más aceptable que va de la mano con el diseño actual en los vehículos recolectores de diferentes marcas.

## 2. QUE ES UN SISTEMA HIDRAULICO DE COMPACTACION?

### 2.1. Componentes de un sistema hidráulico de compactación

El diseño actual de las cajas compactadoras para las diferentes marcas de vehículos, la provee FANALCA SA; estas vienen equipadas con los siguientes componentes:

Cilindro hidráulico central de compactación. Este se encarga de compactar y evacuar los desechos sólidos actuando en conjunto con la placa compactadora. Generalmente se dota de un cilindro telescópico de tres cuerpos de doble efecto (figura 1a y 1b).

Placa de compactación. Construida en el mismo calibre de lamina de la caja compactadora y es la que finalmente proporciona el área sólida para la compactación y evacuación de los residuos (figura 1a y 1b).

Portalón. Es la parte móvil de la caja compactadora, en el va ensamblado todo el mecanismo de arrastre de desechos (cuchilla, panel, y cilindros hidráulicos) y la canoa (por su forma semicircular o ovalada) que es el sitio donde primero se depositan los residuos (figura 15a).

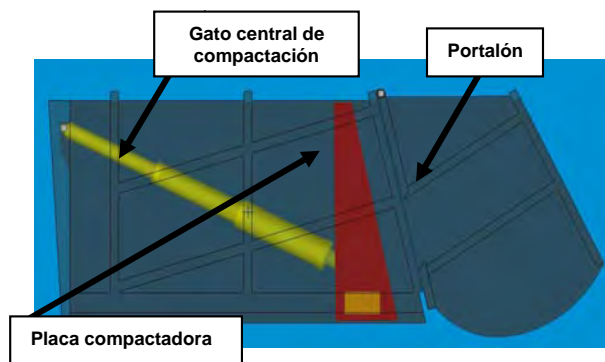


Fig. 1a. Vista lateral de la caja compactadora

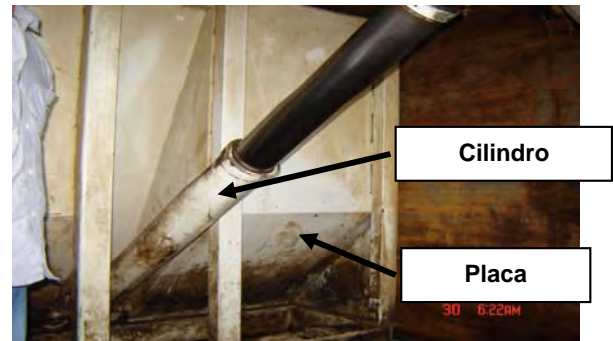


Fig. 1b. Vista interna de la caja compactadora

Cilindros hidráulicos de cargue trasero. Son cilindros de doble efecto y como su nombre lo indica están ubicados en la parte trasera, actúan en conjunto con una barra, se utilizan para levantar cajas estacionarias de dos y tres yardas cúbicas. Este sistema en algunos vehículos es remplazado por un motor hidráulico de doble acción (figura 2).

Cilindros hidráulicos de cuchilla. Son cilindros de doble efecto, actúan en la segunda secuencia del proceso de compactación y son los encargados de recoger los desechos sólidos depositados en la canoa (figura 3a y 3b).

Cilindros hidráulicos del panel. Al igual que los anteriores son cilindros de doble efecto y son los encargados de realizar el movimiento de ascenso y descenso de la cuchilla, que es la primera secuencia del proceso de compactación (figura 3b).



Fig. 2. Vista lateral del cargue trasero



Fig. 3a. Cilindros hidráulicos de cuchilla

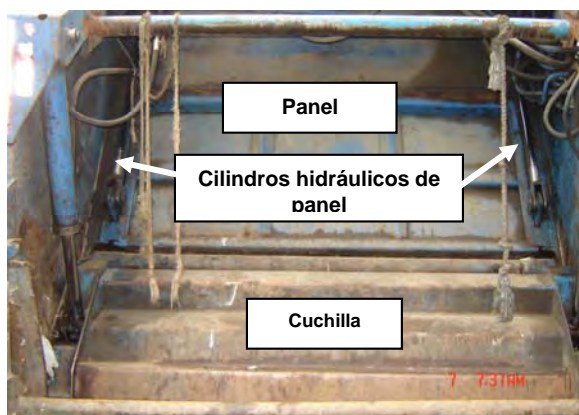


Fig.3b. Vista de cuchilla y panel

Cilindros hidráulicos del panel. Al igual que los anteriores son cilindros de doble efecto y son los encargados de realizar el movimiento de ascenso y descenso de la cuchilla, que es la primera secuencia del proceso de compactación (figura 3b).

Cilindros hidráulicos de portalón. Son los encargados de subir o bajar el portalón para la evacuación de los desechos sólidos ya compactados, pueden ser de simple o doble efecto, en el caso de simple efecto se provee al sistema hidráulico de válvulas secuenciales para permitir el descenso del portalón (figura 4).



Fig. 4. Cilindros hidráulicos de portalón

Cuerpo de válvulas primario. Se trata del conjunto de tres válvulas de mando 4/3 vías, que corresponden a los cilindros de levante trasero, de cuchilla y de panel; esto acompañado de su respectivo accionamiento de palancas (figura 5).

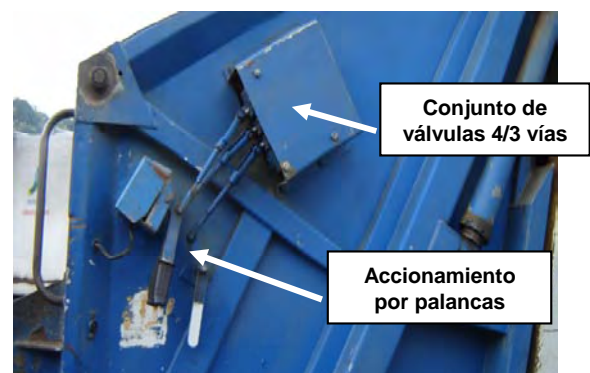


Fig. 5. Válvulas primarias

Cuerpo de válvulas secundario. Se componen de dos válvulas de mando 4/3 vías, y al igual que el primario son accionadas por palancas; son las encargadas de controlar el movimiento del portalón y la placa compactadora.

Tornillos de ajuste del portalón. Son los encargados de mantener el portalón en la posición de reposo para que sea efectivo el proceso de compactación, ya que como se puede observar en las figuras anteriores, las secuencias principales de la compactación se realizan en el portalón (figura 6a y 6b).



Fig. 6a. Tornillos de portalón



Fig. 6b. Tornillos de portalón

## 2.2. Proceso de compactación

El proceso de compactación, consiste en 4 pasos o etapas que involucran a la cuchilla y sus respectivos cilindros hidráulicos, como también el panel y sus respectivos cilindros, como lo muestra la figura 7.

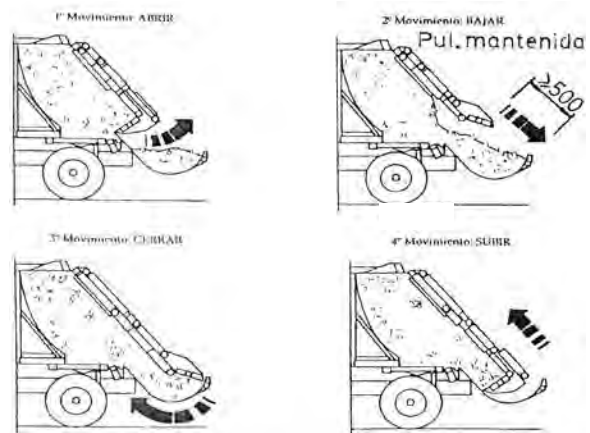


Fig.7. Proceso de compactación de residuos sólidos

## 2.3. Proceso de evacuación

De manera similar al proceso de compactación, este se compone de 4 etapas, con la diferencia de que aquí intervienen los dos cilindros hidráulicos de portalón y el cilindro hidráulico de compactación, como en la figura 8.

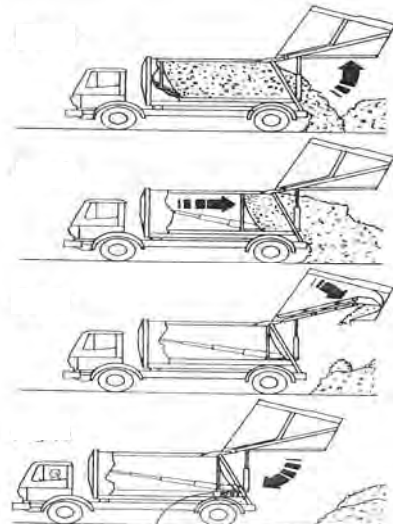


Fig.8. Proceso de evacuación de residuos sólidos

## 2.4. Esquema hidráulico actual

Como se puede observar, para realizar los procesos de compactación y evacuación, se hace necesario activar una válvula de mando principal por cada componente que se quiera controlar, es decir, que para completar un ciclo en la compactación se accionaran mecánicamente 2 válvulas en ambos sentidos, lo cual hace que este proceso se torne eficaz y no eficiente que es lo que se hace prioritario corregir. De forma similar en el proceso de evacuación hay que activar 2 válvulas en ambos sentidos para completar el ciclo.

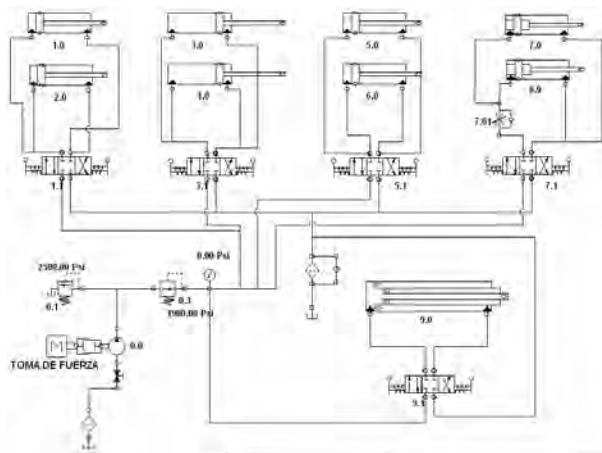


Fig. 9. Esquema hidráulico actual del sistema de compactación

Tabla 1. Componentes del sistema hidráulico actual

NUMERO EN ESQUEMA HIDRAULICO	DESCRIPCION
1.0-2.0	CILINDROS CORTINA PANEL
3.0-4.0	CILINDROS CUCHILLA PANEL
5.0-6.0	CILINDROS LEVANTE TRASERO
7.0-8.0	CILINDROS PORTALON
9.0	CILINDRO CENTRAL DE COMPACTACION
1.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CORTINA
3.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS CUCHILLA
5.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS LEVANTE TRASERO
7.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS PORTALON
9.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CENTRAL DE COMPACTACION
0.0	BOMBA HIDRAULICA
0.1	VALVULA DE SEGURIDAD
0.3	VALVULA REGULADORA DE PRESION PRINCIPAL

## 3. COMPONENTES DEL NUEVO DISEÑO

Para el nuevo diseño se trabajará con un control automático de lazo cerrado (con retroalimentación), además de los mismos componentes del diseño actual, solo se agregarán algunos elementos para hacer posible el control automático de este sistema hidráulico, por ejemplo los sensores electromagnéticos de posición con alimentación a 12 voltios (figura 10) y transductor, para ser utilizados en los cilindros hidráulicos de doble efecto (ver elementos 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 y 9.0 fig. 15).

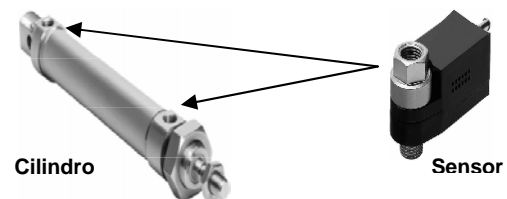


Fig. 10. Sensores para cilindros hidráulicos



Otro aspecto es que se agregará un sensor de presión a la placa compactadora (SE61) el cual se encarga de sensar la presión ejercida sobre los residuos sólidos para que el control automático permita mas espacio en la caja compactadora y así permitir la entrada de mas desechos (figura 11 y su ubicación en la fig. 15).

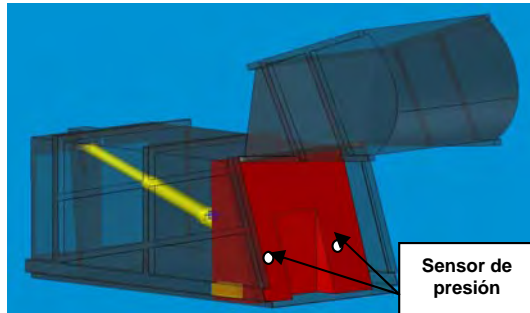


Fig. 11. Vista isométrica de la caja compactadora

Se cambia en la actualización el sistema de sujeción del portalón, es decir que se eliminan los tornillos y en su reemplazo serán instalados ganchos fabricados en acero 1020 accionados por cilindros hidráulicos de simple efecto (figura 12 y anexo 1, ver los elementos 11.0 y 10.0 en la fig. 15), los cuales serán gobernados por una válvula monoestable 3/2 vías (elemento 11.2 fig. 15) activada por solenoide; esto le adiciona versatilidad al proceso de evacuación en el esquema actualizado.

En el sistema hidráulico básico las válvulas de mando se activan mecánicamente por medio de palancas, ahora serán activadas por solenoides (elementos 1.1, 3.1, 5.1, 7.1 y 9.1 fig. 15).

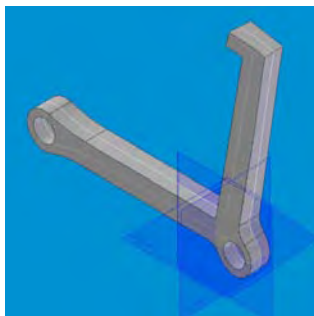


Fig. 12. Vista isométrica del gancho

Lo primordial para que el control automático exista, es que se deben cambiar los accionamientos mecánicos de todas las válvulas hidráulicas, por electroválvulas de 12 voltios y en algunos casos instalar válvulas nuevas debido a la aplicación.

El sistema hidráulico será accionado directamente desde la cabina del vehículo, adicionalmente estará equipado con un pulsador de parada de emergencia, un pulsador para el proceso de compactación, otro pulsador para el proceso de evacuación y un ultimo pulsador para el levante trasero y su respectivo descargue.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL CONTROL AUTOMATICO

El sistema hidráulico será accionado directamente desde la cabina del vehículo, adicionalmente estará equipado con un pulsador de parada de emergencia, un pulsador para el proceso de compactación, otro pulsador para el proceso de evacuación y un ultimo pulsador para el levante trasero y su respectivo descargue (figura 13)

Se diseñara un controlador automático para un procesador Siemens serie 5000LXT, el cual da la posibilidad de tener todas las entradas y salidas que se requiere. Se diseñara la programación para lenguaje Ladder, para esto se empleara el software *AUTAMATION STUDIO 7.0*, pero aclarando que para introducir esta información al procesador se requiere el software *Micrologic 500* o *1000*. A continuación se presentaran los diseños.

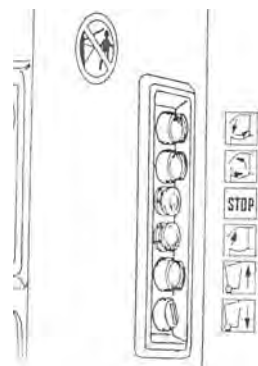
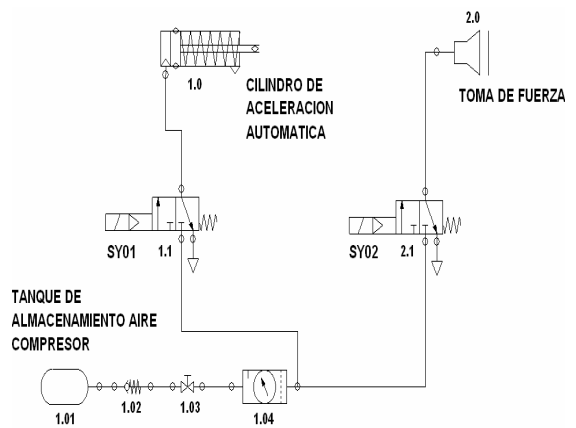
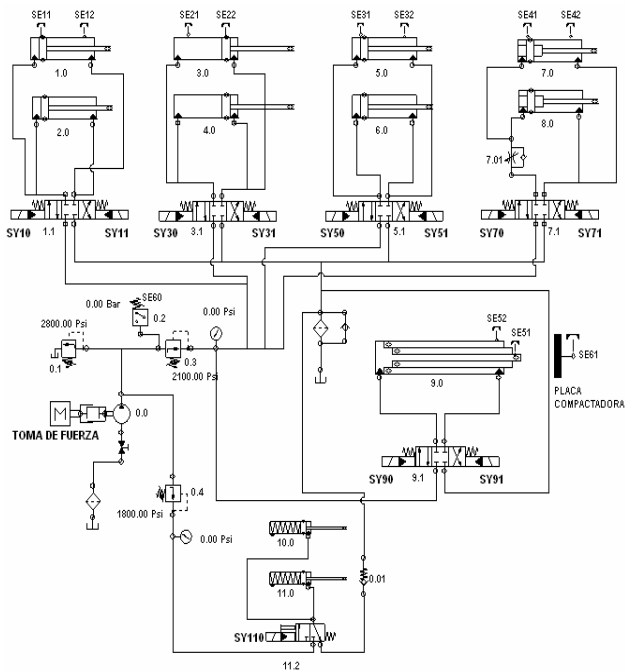
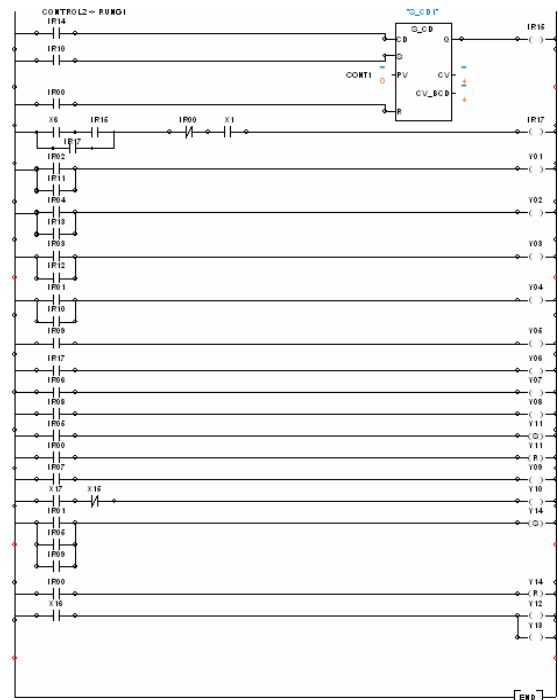
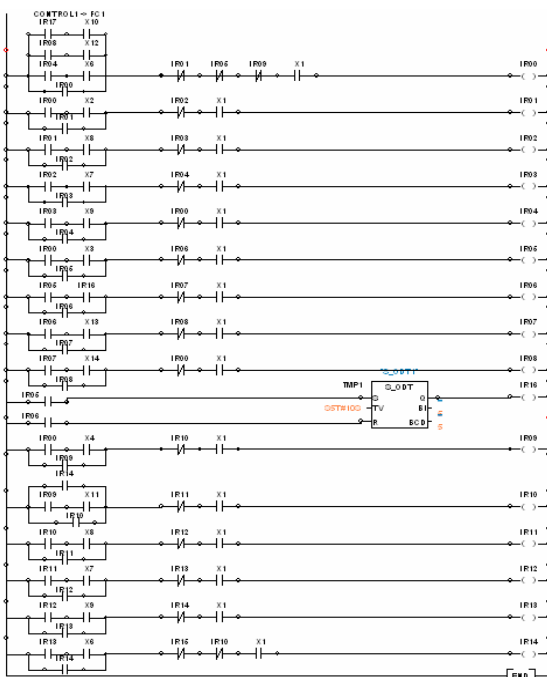


Fig. 13. Panel de control (pulsadores)



**Tabla 1 Componentes del sistema hidráulico  
actualizado**

NUMERO EN ESQUEMA HIDRAULICO	DESCRIPCION
1.0-2.0	CILINDROS CORTINA PANEL
3.0-4.0	CILINDROS CUCHILLA PANEL
5.0-6.0	CILINDROS LEVANTE TRASERO
7.0-8.0	CILINDROS PORTALON
9.0	CILINDRO CENTRAL DE COMPACTACION
10.0-11.0	CILINDRO SEGURO PORTALON
1.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CORTINA
3.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS CUCHILLA
5.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS LEVANTE TRASERO
7.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS PORTALON
9.1	VALVULA DE MANDO CILINDROS DE CENTRAL DE COMPACTACION
11.2	VALVULA DE MANDO CILINDROS SEGUROS PORTALON
0.0	BOMBA HIDRAULICA
0.1	VALVULA DE SEGURIDAD
0.2	PRESOSTATO
0.3	VALVULA REGULADORA DE PRESION PRINCIPAL
0.4	VALVULA REGULADORA DE PRESION SECUNDARIA

## 7. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO ACTUALIZADO

Para comenzar con el funcionamiento del sistema, el motorista debe accionar el pulsador SB01 (ver entrada X16 fig. 17) este dará la señal para accionar la electroválvula del toma de fuerza y la de aceleración automática (ver elementos 1.1 y 2.1 fig. 16), inmediatamente después se enciende la luz y alarma que indica que el sistema hidráulico esta operativo (ver salida Y14 fig.17).

Para comenzar el ciclo de compactación el operario acciona el pulsador SB03 (ver entrada X2 fig. 17) que activa la electroválvula de mando de los cilindros de cuchilla (ver elemento 3.1 fig. 15) para realizar su carrera de retroceso. Al llegar al final de la carrera un sensor SE21 es activado (ver entrada X8 fig. 17 y su ubicación en fig. 15), que se encarga de accionar la

electroválvula de mando de los cilindros de panel (ver elemento 1.1 fig. 15) los cuales avanzan hasta llegar al sensor final de carrera SE12 (ver entrada X7 fig. 17 y su ubicación en fig. 15). Ahora se acciona la electroválvula de mando de los cilindro de cuchilla que los hará avanzar hasta llegar al sensor final de carrera SE22 (ver entrada X9 fig. 17 y su ubicaciones fig. 15), este ultimo dará la señal para que se active la electroválvula de mando de los cilindros de panel que inmediatamente tomaran su carrera de retroceso, hasta llegar al sensor final de carrera SE11 (ver entrada X6 fig. 17 y su ubicación en fig. 15) que se encarga de dar la señal para terminar este ciclo.

Para realizar el ciclo de evacuación el operario comienza por accionar el pulsador SB04 (ver entrada X3 fig. 17), este activa la electroválvula (ver elemento 11.2 fig. 15) para que retrocedan los cilindros que sostienen los ganchos que aseguran el portalón (ver elementos 10.0 y 11.0), simultáneamente se activara un temporizador en el controlador setiado para 5 segundos (tiempo suficiente para garantizar la apertura de los ganchos). Al transcurrir este tiempo se emite una señal que activa la electroválvula de mando de los cilindros de levante de portalón y avanzar hasta llegar al final de carrera SE42 (ver entrada X13 fig. 17 y su ubicación en fig. 15), al ser accionado este genera una señal que coloca en avance el cilindro central de compactación por medio de su válvula de mando (ver elementos 9.0 y 9.1 fig. 15). Al terminar su recorrido se activara el sensor SE52 (ver entrada X15 fig. 17 y su ubicación en fig. 15) para que retroceda el cilindro central, al terminar esta se activara el sensor SE51 (ver entrada X14 fig. 17 y su ubicación en fig. 15), que genera la señal para activar la electroválvula de mando de los cilindros de portalón y hacer que estos descendan, hasta el sensor SE41 (ver entrada X12 fig. 17 y su ubicación en fig. 15) que suministra la señal para desactivar la válvula de los cilindros del portalón y así permitir que este quede asegurado de nuevo.

Para realizar el ciclo del levante trasero, el operario debe accionar el pulsado SB05 (ver entrada X4 fig. 17) y así generar la señal que activa la electroválvula de mando de los cilindros de levante trasero (ver elementos 5.1, 5.0 y 6.0 fig. 15) los cuales avanzan hasta llegar al sensor final de carrera SE32 (ver entrada X11 fig. 17 y su ubicación en fig. 15). Este sensor hará que se active simultáneamente el ciclo de compactación y un contador en el programador



setiado en 4, cuya función es realizar 4 ciclos de compactación continuamente (esto garantiza que los residuos sólidos almacenados sean retirados totalmente). Al terminar estos ciclos, el contador envía una señal para que los cilindros de portalón descendan hasta llegar al final de carrera SE31 (ver entrada X10 fig. 17 y su ubicación en fig. 15) donde termina este ciclo.

Para desacoplar el toma de fuerza del sistema hidráulico solo es necesario desenclavar el pulsador SB01. Además hay que tener en cuenta que los ciclos descritos anteriormente pueden ser detenidos en cualquier momento que se requiera por medio del pulsador stop SB02 (ver entrada X1 fig. 17)

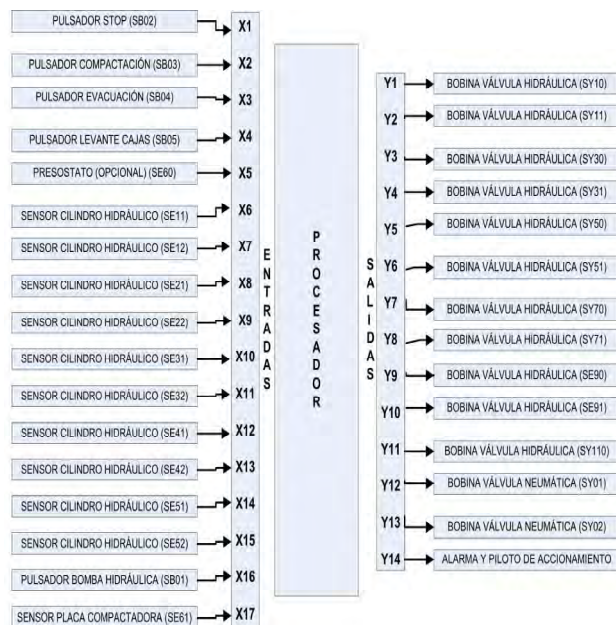


Fig. 17. Diagrama de entradas y salidas del programador

## 6. CONCLUSIONES

Los resultados que se estiman con esta actualización del diseño son entre otros:

1. El tiempo real de compactación actualmente es de 6 minutos en promedio, con un sistema hidráulico en buenas condiciones de trabajo. En la simulación del diseño propuesto en la actualización (se utiliza como software de apoyo *MICROLOGIC 500*), el tiempo estimado es de máximo 2.30 minutos, teniendo en cuenta todas las condiciones de trabajo (presión, temperatura del fluido, material a compactar, contrapresiones, etc.)

2. Para el montaje de esta actualización del diseño se hace necesario elementos hidráulicos como los anteriormente relacionados en la valoración del proyecto, que en general son de fácil adquisición, pues si se tiene en cuenta la relación costo – beneficio de este equipo, resultaría considerablemente económico. Esto obedece a la reducción de la jornada laboral extra de los 4 operarios que conforman la tripulación de operación (Un motorista y tres operarios) y por otro lado se estaría incrementando el tiempo real de trabajo aprovechable del vehículo compactador de residuos sólidos.

3. Se aprovecharía al motorista del vehículo para la operación del sistema hidráulico, con esto el operario se dedicaría exclusivamente a la labor que le compete, que es, la recolección de residuos sólidos, dando como resultado final una herramienta poderosa para las empresas de transporte y disposición final de residuos sólidos como es EMSIRVA E:SP.

4. El presente proyecto muestra como es posible realizar reingeniería de procesos existentes, modernizando o actualizando diseños como el del presente caso, donde de un sistema hidráulico básico se pudo obtener un sistema hidráulico controlado por un operador lógico, que lleva al equipo a un nivel que va de la mano con la última tecnología.

## REFERENCIAS

- CENEN, Hugo. Material de apoyo para la materia maquinas hidráulicas. Santiago de Cali, 2005. Universidad Autónoma de occidente.
- DORF, Richard; BISHOP, R. Sistemas de control moderno. Décima edición. Madrid: Pearson Educación, 2005. 928 p.
- Especialista en Pneumatic e Hidráulica. [En línea]. S.C. Festo AG & Co. KG. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: [http://www.festo.com/INetDomino/coorp\\_site.s.htm](http://www.festo.com/INetDomino/coorp_site.s.htm).
- Especialista en Pneumatic e Hidráulica. [En línea]. S.C. Bosch group. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.boschrexroth.com/>
- OGATA, Katsuhiko Ingeniería de Control Moderna. Segunda Edición. Prentice Hall. México: 1993. 1020 p.
- Portal de Información General de EMSIRVA E.S.P. [En línea]. Santiago de Cali: Emsirva E.S.P, 2005. [consultado 14 de Febrero, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.emsirva.com.co/newsite/index.php>
- Principios de la Hidráulica [En línea]. Madrid: S.E. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://members.fortunecity.es/100pies/mecanica/hidraulicaprincipios.htm>.
- Principios de Hidráulica y Neumática. [En línea]. S.C. S.F. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.orientaline.net/tecno/apuntes9.pdf>
- Técnica Oleohidráulica. [En línea]. S.C. ST oleohidráulica. 2006. [consultado 14 de Febrero]. Disponible en Internet: <http://www.tecnicaoleohidraulica.com/>.
- Software y catalogo de Partes Neumáticas e Hidráulicas. Sección actuadores – Sección sensores de control. Festo Didactic. 2004.